E 1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, ianuarie 1982

1

# MINISTERUL MINELOR

# INSTITUTUL DE CERCETĂRI, INGINERIE TEHNOLOGICĂ ŞI PROIECTĂRI PENTRU MINEREURI NEFEROASE BAIA MARE

BAIA MARE, str. dr. Victor Babeş nr. 62. Telefon: 30412,31171, 30818. Telex: 33267. Cod: 775174. Jud. Maramureş. ROMANIA

EXECUTĂ ŞI OFERĂ BENEFICIARILOR INTERNI ŞI EXTERNI :

Lucrări de cercetare şi documentaţii tehnico-economice de proiectare în domeniul extracţiei şi prelucrării zăcămintelor de minereuri neferoase, auro-argentifere, rare şi radioactive pentru :

- sisteme şi metode de exploatare, săpare, susţinere, perforare şi împuşcare a lucrărilor miniere, inclusiv studii de mecanica rocilor şi dirijarea presiunilor miniere ;
- stabilirea gradului de prăfuire şi combaterea prafului, de microclimat în subteran şi uzine de preparare, inclusiv studii de medicină minieră pentru prevenirea şi combaterea îmbolnăvirii profesionale ;
- tehnologii de preparare a substanţelor minerale utile şi de prelucrare prin procedee complexe a minereurilor şi produselor polimetalice sărace sau reziduale în condiţii de laborator, micropilot, pilot, semiindustrial şi industrial ;
- sinteze şi experimentări de noi reactivi pentru prelucrare prin flotaţie şi procedee complexe a substanţelor minerale utile ;
- documentaţii pentru utilaje, mecanizare şi automatizare a proceselor tehnologice din subteran şi uzine de preparare ;
- protecţia mediului înconjurător, depoluarea apelor de mină şi reziduale de la uzinele de preparare ;
- analize economice, optimizări ale proceselor de producţie, organizarea ştiinţifică a producţiei şi a muncii, economia şi psihologia muncii, prognoze ale dezvoltării ştiinţei şi tehnicii în domeniul extracţiei şi prelucrării minereurilor neferoase ;
- documentaţii tehnico-economice de investiţii pentru obiective miniere şi de preparare .

ACORDA ASISTENTA TEHNICA pentru îmbunătăţirea fluxurilor tehnologice, modernizarea instalaţiilor în subteran şi uzine de preparare, valorificarea în producţie a cercetărilor încheiate şi la punere în funcţiune a obiectivelor economice proiectate în cadrul institutului.

MAI EXECUTĂ ŞI OFERĂ :

- analize chimice şi fizice prin metode spectrale, fotometrice ş.a, analize şi studii mineralogice, analize de uleiuri şi reactivi ;
- lucrări cu izotopi radioactivi ;
- prototipuri de mică serie şi unicate ale unor utilaje şi aparate pentru minerit şi preparare ;
- sinteze şi cercetări bibliografice, traduceri, multiplicări, filmări.

MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XXXIII

Nr. 1 1982

## CUPRINS

*Popescu Rodica* **Disponibilitatea unei cariere** . . . . . 6

*Makkai, I., Reisz, P. şi Almăşan, I.* **Soluţie modernă de deschidere a noului cîmp minier de la Salina Praid** . . . . . 9

*Păsculescu, M., Covaliov, C. şi Feier Gabriela* **Calculul reţelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor** . . . 13

*Ember, F. şi Kalmar Irina* **Calculul dozării cianurii de sodiu şi a oxidului de calciu în procesul de cianurare** 20

*Enache Maria şi Enache, C.* **Stabilirea amestecului optim pentru filtre din pietriş încleiat la asecarea zăcămintelor de lignit** . . . . 24

*Cosma, R.* **Caracteristici calitative, zone de perspectivă şi posibilităţi de valorificare ale tufurilor vulcanice din România** . . . 27

*Pârcălăbescu, I. D.* **Proprietăţi fizico-chimice ale unor dolomite triasice din zona centrală a Platformei moesice** . . . . . 30

*Pavel, A.* **O clasificare privind coroziunea şi unele consideraţii tehnico-economice** . . . . . 38

*Balteş, N., Negrea Elena, Andreescu Teodora, Bălăianu, D. şi Andrei Alexandra* **Cercetări complexe de laborator pentru cunoaşterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice. I. Generarea hidrocarburilor** . . . . . 45

**COLEGIUL DE REDACŢIE**

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ**, *preşedinte;* dr. ing. **GHEORGHE ALDEA**; ing. **ŞTEFAN BENEA**; dr. geol. **IOSIF BERCIA**; ing. **TEODOR BORU**; dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU**; ing. **VIRGIL FĂTU**; dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ**; dr. ing. **FLOREA NEAGU**; ing. **NICOLAE PANTILIE**; **ELENA VRÂNCEANU**, *redactor.*

## REZUMATE

C.Z. 622.271 :621.879

Popescu Rodica *Disponibilitatea unei cariere*

În articol se analizează timpii de funcţionare şi nefuncţionare ai utilajelor dintr-o carieră, precum şi producţiile realizate în funcţie de aceştia. Utilizînd datele statistice de exploatare din cariera Gîrla pe ultimii 10 ani, se trag concluzii cu privire la fiabilitatea diferitelor tipuri de excavatoare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 622.222 :622.251

Makkai, I., Reisz, P. şi Almăşan, I. *Soluţie modernă de deschidere a noului cîmp minier de la Salina Praid*

În urma analizării mai multor variante de deschidere, autorii ajung la concluzia că soluţia cea mai avantajoasă din punct de vedere economic şi tehnic este deschiderea cu plan înclinat pentru transport auto şi puţ orb de extracţie cu schip pînă la orizonturile principale de concentrare a producţiei.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 621.316 :681.14

Păsculescu, M., Covaliov, C. şi Feier Gabriela *Calculul reţelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor*

Folosind relaţiile analitice de calcul existente în literatura tehnică de specialitate, autorii concep scheme logice de calcul şi programe care, după rularea lor pe calculatorul electronic, permit obţinerea datelor necesare întocmirii unor nomograme pentru calculul reţelelor electrice miniere în regim normal de lucru al motoarelor, nomograme care duc la rezolvarea rapidă şi eficientă a problemelor legate de sistemele de distribuţie a energiei electrice pe partea de joasă tensiune.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 661.833

Ember, F. şi Kalmar Irina *Calculul dozării cianurii de sodiu şi a oxidului de calciu în procesul de cianurare*

În scopul calculării rapide a concentraţiilor de cianură de sodiu şi a oxidului de calciu adăugate în procesul de cianurare, autorii au elaborat o formulă de calcul în care intră factorii care influenţează direct variaţia concentraţiilor de lucru şi calculul dozelor, formulă în baza căreia se pot elabora rapid tabele de lucru, diagrame etc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 622.332 :622.794.2

Enache Maria şi Enache, C. *Stabilirea amestecului optim pentru filtre din pietriş încleiat la asecarea zăcămînteler de lignit*

Se prezintă un experiment statistic programat pentru determinarea amestecului optim de pietriş şi liant la filtrele folosite în forajele de asecare în bazinele de lignit din Oltenia.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 622.353 :65.012.2

Cosma, R. *Caracteristici calitative, zone de perspectivă şi posibilităţi de valorificare ale tufurilor vulcanice din România*

Autorul prezintă sintetic extinderea tufurilor vulcanice în formaţiunile geologice din România, caracteristicile petrografice-mineralogice, chimice şi fizico-mecanice, zonele de perspectivă identificate, precum şi propuneri privind valorificarea superioară a cineritelor din întreaga ţară.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 552.54

Pârcălăbescu, I. D. *Proprietăţi fizico-chimice ale unor dolomite triasice din zona centrală a Platformei moesice*

Se analizează compoziţia chimică, alcătuirea chimico-mineralogică şi structura spaţiului poros-fisurat-permeabil al carotelor extrase din structurile geologice Oporelu, Ciureşti şi Butimanu.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 620.193

Pavel, A. *O clasificare privind coroziunea şi unele consideraţii tehnico-economice*

Se definesc noţiunile fundamentale şi se prezintă o clasificare generală a tipurilor de coroziune. Se definesc, de asemenea, indicatorii de rezistenţă la coroziune şi se expun unele consideraţii tehnico-economice, cu mari implicaţii în activitatea practică.

Mine Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 553.98

Balteş, N. ş.a. *Cercetări complexe de laborator pentru cunoaşterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice I. Generarea hidrocarburilor*

Studii complexe, petrografice, geochimice şi palinologice ale unui bogat material din sonde şi aflorimente au permis caracterizarea principalelor roci-sursă de hidrocarburi din sectorul nordic al acestei unităţi. Ele sînt oligocenul mediu superior, badenian-sarmaţianul (parţial) şi burdigalianul superior lagunar (local).

Aceste lucrări reprezintă o etapă necesară pentru stabilirea modelelor de migraţie şi acumulare a hidrocarburilor din această arie.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33 nr. 1, 1982

# CONTENTS


C.Z. 622.271 :621.879

Popescu Rodica *On the operating time of the open pit equipment*

Based on statistical data collected during the last 10 years at Gîrla open pit the fiability of different type of excavators and their operating time is analysed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 622.222 :622.251

Makkai, I., Reisz, P. and Almăşan, I. *Up-to-date method in developing the new mining field of Praid salt works*

As a result of the examination of several developing methods, the authors concluded that the best alternative in the economic and technical point of vue is the opening with haulage plane for trucks and blind shaft with skip to ensure a good output concentration.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 621.316 :681.14

Păsculescu, M., Covaliov, C. and Feier Gabriela *The calculation of mining low voltage electric circuits with the help of nomograms*

Based on the analytical expressions to be found in the present technical literature a computer routine is elaborated enabling to build up nomograms for rapid calculation of mining electric circuits ensuring a rational distribution of the energy.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 661.833

Ember, F. and Kalmar Irina *Dosage calculation of NaCN and CaO in the cyaniding process*

In order to establish rapidly the Na CN and CaO concentrations the authors elaborated a calculation formula including the factors influencing directly the variation of the operating concentrations and the proper dosage. This formula may be used to build up tables, diagrams etc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 622.332 :622.794.2

Enache Maria and Enache, C. *Establishing optimal glued gravel mixture for draining filters*

A statistical test scheduled in determining optimal mixture of gravel and binder useful for draining wells at Oltenia lignite open pits is presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 622.353 :65.012.1

Cosma, R. *The tuffs of Romania — prosperities, out-look and economy.*

A synthesis of the distribution of tuffs into the Romania geologic formations, the petrographycal, mineralogical, chemical and mechnical properties as well the outlook of the known zones with proposals for their valorisation is presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 552.54

Pârcălăbescu, I. D. *Physical and chemical properties of some triasic dolomits of the Central Part of Moesic Platform*

The chemical an mineralogical composition as well the structure of the porous-jointed permeable space of core samples from the geological formations of Oporelu, Ciureşti and Batimanu are analysed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 620.193

Pavel, A. *A classification on corrosion and some technical and economic considerations*

Fundamentals are defined and a main classification of corrosion types is presented. Also corrosion resistance indices are defined and some technical and economic considerations with great implications in the practical activity are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 553.98

Baltes, N. et al. *Complex laboratory studies for the knowledge of oil field formation model in the northern area of the Getic depression. (I) Hydrocarbon generation*

Petrographical, geochemical and palynological complex studies of a rich organic material from wells and outcrops allowed the determination of the main potential source-rocks in this area. These are, in order of their importance, Mid-Upper Oligocene, Badenian-Lower Sarmatian (partially) and lagunary Lower Burdigalian (locally). This kind of research represents a necessary working stage in the establishment of the migration and accumulation models.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982


# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.271 :621.879

Попеску Родика *О возможностях карьеров*

В статье рассматриваются время работы и простоев карьерного оборудования, а также объемы добычи, полученные в зависимости от этих факторов. Используя статистические данные за последние 10 лет угольного карьера Гырла разработаны соответствующие выводы о сроке службы различных типов экскаваторов.

Ключевые слова: возможности, карьер, экскаваторы, коэффициент использования, объем добычи.

Mine Petrol şi Gaze vol. 33, nr. 1, 1982

C.. 622.222 :622.251

Маккай, И., Рейс, П. и Алмэшан, И. *Современное решение вскрытия нового шахтного поля соляного месторождения Праид*

В результате анализа нескольких вариантов вскрытия соляного месторождения авторы пришли к выводу, что наиболее выгодным с экономической и технической точек зрения вариантом вскрытия является вскрытие наклонным стволом (для автотранспорта) в сочетании со слепым скиповым подъемным стволом до главных горизонтов концентрации добычи.

Ключевые слова: вскрытие, соляное месторождение, наклонный ствол, концентрация добычи.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 621.316 :681.14

Пэскулеску, М., Ковалев, И. и Фейер Габриела *Расчет шахтных электрических сетей низкого напряжения с помощью номограмм*

Применив расчетные аналитические формулы, существующие в технической литературе по данному вопросу, авторы разработали логические расчетные схемы и программы, которые после их обработки в ЭВМ позволяют получить данные, необходимые для составления номограмм расчета шахтных электрических сетей в нормальном режиме работы электродвигателей. Номограммы позволяют быстрое и эффективное решение вопросов, связанных со системами распределения электроэнергии низкого напряжения.

Ключевые слова: расчет, шахтные электрические сети, низкое напряжение, номограммы.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 661.833

Эмбер, Ф. и Калмар Ирина *Расчет дозирования цианида натрия и окиси кальция в процессе цианирования*

В целях скоростного определения содержания цианида натрия и окиси кальция, добавляемых в процессе цианирования, авторы разработали расчетную формулу, включающую фактор непосредственного влияния изменений рабочих концентраций и расчет доз. Формула позволяет быстрое составление рабочих таблиц и диаграмм.

Ключевые слова: расчет, дозирование, цианид натрия, окись кальция, диаграммы.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.331 :622.794.2

Енаке Мария и Енаке, К. *Установление оптимальной смеси для фильтров из заклеяного гравия при осушении лигнитных месторождений*

Представлен запрограммированный статистический эксперимент для определения оптимальной смеси гравия и вяжущих веществ для фильтров, применяемых при буровых работах осушения лигнитных месторождений бассейна Олтении.

Ключевые слова: осушение, лигнитные месторождения, фильтры, оптимальная смесь, заклеяный гравий.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.353 :65.012.2

Косма, Р. *Качественные характеристики, перспективные зоны и возможности использования вулканических туфов С.Р. Румынии*

Автор представляет, сокращенно, распространение вулканических туфов в геологических формациях Румынии, петрографические, минералогические, химические и физико-механические характеристики, выявленные перспективные зоны, а также предложения по лучшему использования кинеритов.

Ключевые слова: вулканические туфы, лучшее использование, кинериты, характеристики

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 552.4

Пыркэлэбеску, И. Д. *Физико-химические свойства триассовых доломитов центральной зоны Мзинской платформы*

Рассматриваются химический состав, химико-минералогический состав, пространственная структура (пористость, трещиноватость, проницаемость кернов) из геологических структур Опорелу, Чурешть и Бутиману.

Ключевые слова: доломиты, Мзинская платформа, характеристика

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 630.193

Павел, А. *О классификации коррозии и некоторых технико-экономических соображениях*

Определены основные понятия и представлена общая классификация видов коррозии. Определены, также, показатели стойкости к коррозии и излагаются некоторые технико-экономические соображения большого практического значения.

Ключевые слова: классификация, коррозия, показатели

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 553.98

Балтеш, Н. и др. *Комплексные лабораторные исследования в целях установления условий образования углеводородных месторождений северной части гетской депрессии (I-образование углеводородов)*

Комплексное, петрографические, геохимическое и палинологическое изучение богатого материала, на основе данных буровых скважин и выходов месторождений на поверхность, позволило дать характеристику главных пород-источников углеводородов северной части этой зоны. Они принадлежат верхнему среднему олигоцену, бадениану-сармату (частично) и верхнему бурдигалиану (местного значения).

Эти работы представляют этап необходимый для определния моделей миграции и скопления на этой территории углеводородов.

Ключевые слова: комплексное изучение, образование, углеводородные месторождения, северная часть, гетская депрессия.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

## SOMMAIRE

C.Z. 622.271 :621.879

Popescu Rodica *Sur la disponibilité des outillages dans une carrière*

Dans l'article on analyse les temps actifs et passifs des outillages dans une carrière, ainsi que les capacités de production réalisées en fonction de ces temps. Basés sur les données statistiques de la carrière de lignite de Gîrla on mis en évidence la fiabilité des divers types d'excavateurs.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.222.622.251

Makkai, I., Reisz, P. et Almăşan, I. *Solution moderne de developpement d'un nouveau périmètre minier à la saline de Praid*

Suivant une analyse de plusieurs alternatives de developpement, les auteurs viennent à la conclusion que la solution la plus avantageuse du point de vue économique et technique et le developpement avec galérie inclinée pour transport auto et puits d'extraction au skip pour les horisonts principaux de concentration de la production.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

C.Z. 622.316 :681.14

Păsculescu, M., Covaliov, C. et Feier Gabriela *Calculation des réseaux électrique minières de basse tension à l'aide des nomogrammes*

Á l'aide des rélations analytique de calculation qui se trouvent dans la litérature de spécialité, les auteurs ont élaboré des schémas logiques de calculation et des programmes roulés aux calculatrices pour obtenir des données necessaires pour construir des nomogrammes pour la calculation des réseaux électiques minières en régime normal de fonctionement des moteurs. Les nomogrammes réalisés font possible la solution rapide et efficace des problèmes concernant les systèmes de distribution de l'énergie électiques à basse tension.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 661.833

Ember, F. et Kalmar Irina *La calculation du dosage de la cyanure de potassium et de l'oxide de calcium dans les procédé de la cyanuration*

Pour la calculation rapides des concentrations les auteurs ont élaboré une formule de calculation avec des facteurs qui influencent directement la variation des concentrations et le dosage en permétant l'élaboration des tables, diagramme et d'autres moyens de travail.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.332 :622.794.2

Enache Maria et Enache C. *La détermination du mélange optime pour filtres au gravier collé à l'achessement des gisement de lignite*

Les auteurs présentent un experiment statistique programmé pour la détermination du mélange optime au gravier et liant pour les filtres utilisés à l'achessement des bassins de lignite de Oltenia.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.353 :65.012.2

Cosma, R. *Les caractéristiques calitatives, les zonnes de perspective et les possibilités de valorisation des tufs volcaniques de Roumanie*

L'auteur présent, dans une forme syntétique, l'extension des tufs volcaniques dans les formations géologiques du Roumanie, les caractéristiques pétrographiques, minéralogiques, chimiques et physico-mécaniques, les zonnes de perspectives identifiées ainsi que les propositions pour la valorisation supérieure de cynerites sur l'entier pays.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 552.54

Pârcălăbescu, I. D. *Les caractéristiques physico-chimique de quelques dolomites triasiques de la zone centrale de la Plateforme Moesiques*

On analyse la composition chimique, la structure chimique et minéralogique ainsi que la structure d'éssence poreux-fissuré-permeable des carottes extraites des structures geologiques Oporelu, Ciureşti et Butimanu.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 620.193

Pavel, A. *Une classification sur la corrosion et quelques considerations techniques et economiques*

Sont definies les notions fondamentales et on présent une classification generale des types de corrosion. En même temps sont définis les indicateurs de resistance a la corrosion et on expresse quelques considérations techniques et economiques avec des implications importantes dans l'activite pratique.

Mine Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 553.98

Baltes, N. et al. *Etudes complexes de laboratoire pour la connaissance des modèles de la formation des gisments d'hydrocarbures sur le flanc moderne de la Dépression Getique.* (I) *Génération d'hydrocarbures*

Les études complexes pétrographiques, géochimiques et palynologiques achevés sur un riche matérial organique pris dans les puits et affleurements ont permis de déterminer les principales roches-mères potentielles dans cette zone. Selon leur importance, ces dernières sont l'Oligocène Moyen-Supérieur, le Badénien-Sarmation inférieur (partiellement) et le Burdigalien inférieur lagunaire (localement). Ce type de recherche représente une étape de travail nécessaire à l'établissement des modèles de migration et d'accumulation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

# INHALT

C.Z. 622.271 :621.879

Popescu Rodica *Uber das Nutzungsgrad der Anlagen in Tagebau und ihren Dauerzeit*

Im Artikel werden die Arbeitszeiten der Tagebauanlagen wie die ausgeführte Leistungen mit diese Anlagen analysiert. Mit Hilfe in der letzten 10 Jahre gesammelten Betriebsdaten von Girla Tagebau, der Verfasser zieht die Schlossfolgerungen über dem Dauerzeit der verschiedenen Baggertypen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.222 :622.251

Makkai, I., Reisz, P. und Almăşan, I. *Moderne Ausrichtungslösung des neuen Abbaufelds von Praid Salzgrube.*

Aus der Analyse verschiedener Ausrichtungsvarianten die Verfassern haben die Ausrichtung mit einfallende Strecke für LKW-Förderung und Blindschacht mit Haspelförderung gewählt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 621.316 :681.14

Păsculescu, M., Covaliov, C. und Feier Gabriela *Die Berechnung der bergmännischen elektrischen Niederspannung-Netze mit Hilfe der Nomogramme*

Aufgrund der Berechnungsbeziehungen von technische Fachliteratur, die Verfassern arbeitete eine EDV-Programm welche erlaubt die notwendige Angaben für die Verfassung einiger Nomogramme zu erhalten. Mit diese Nomogramme die Berechnung der elektrischen Netze für die schnelle Lösung der elektrische Niederspannung-Energieverteilung können lassen ausführen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 661.833

Ember, F. und Kalmar Irina *Die Berechnung der NaCN und $NA_2O$ Dosierung nach dem Zyanieren-Prozess*

Für eine schnelle Berechnung der NaCN und $Na_2O$ Konzentrationen im Zyanieren-Prozess, die Verfassern stellen

eine Berechnungsbeziehung welche unmittelbar influenziert die Konzentrationsänderung und die Dosierung vor. Mit diese Formel Zahlentafeln, Diagrammen und andere Arbeitsmittel können werden ausarbeiten.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.332 :622.794.2

Enache Maria und Enache, C. *Die Bestismmung der optimalen geklebten Kiesfiltern für die Entwässerung der Braunkohle-Lagerstätten*

Die Verfasssern stellen eine statistische Experiment programmiert für die Bestimmung der optimale Mischung von Kies und Bindemittel für die Filtern verwendet in der Entwässerungsbohrungen nach Braunkohlebecken von Oltenia vor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 622.353 :65.012.2

Cosma, R. *Die Eigenschaften, Perspektivegebiete und Verwertungsmöglichkeiten der vulkanischen Tuffen von Rumänien*

Der Verfasser legt in eine synthetische Form die Ausdehnung der vulkanischen Tuffen in Rumänien, die petrographysche, mineralogische, chemische und physikalische-mechanische eigenschaften, die entdeckte Perspektivegebiete wie also die Vorschläge für ihren Oberverwertung vor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 552.54

Pârcălăbescu, I. D. *Die physikalische und chemische Eigenschaften einiger Trias-Dolomiten aus der zentrale Zone der Moesische Bühne*

Die chemische und mineralogische Zusammensetzung und das lockeres-klüftige-durchlassige Gefüge der Kernen von Oporelu, Ciureşti und Batimanu geologische Strukturen sind analysiert.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 620.193

Pavel, A. *Eine Klassifikation über die Korrosion und einiger technischen und wirtschaftlichen Betrachtungen*

Die Grundbegriffe und eine allgemeine Klassifikation der Korrosionstypen sind vorgestellt. Ebenfalls die Wiederstandsindikatoren nach der Korrosion sind definiert und einige mit grosse Einfluss im Praxis technische und wirtschafliche Betrachtungen sind dargelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

C.Z. 553.98

Baltes, N. u.a. *Komplexe Laboruntersuchungen für die Erkenntnis des Ausbildungsgangs der Kohlenwasserstoff-Lagerstätten vom nordische Flügel der getische Depression Teil I. Ausbildung der Kohlenwasserstoffe*

Komplexe petrographysche, geochemische und palinologische Studien über eine reiche Datensammlung von Bohrungen und Flözausbissen haben die Charakterisierung der wichtingen Kohlenwasserstoff-Gesteine-Ursprung von der nordische Gebiet dieser Einheit erlaubt. Diese sind das Ober-Mittel-Oligozän, Badenian-Sarmat (teilweise) und das Lagunar-Ober-Burdigal (örtlich). Diese Arbeiten stellen eine nötige Etappe für die Bestimmung der Migrations— und Akkumulations-modelle der Kohlenwassserstoffe von diesem Gebiet vor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

---

# Disponibilitatea unei cariere

Ing. **Rodica Popescu**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

În carierele de lignit, problema eficienței este condiționată de gradul de folosire a utilajelor, respectiv de disponibilitatea în funcționare a acestora.

Prin d i s p o n i b i l i t a t e se înțelege probabilitatea ca, la un moment dat, un element sau un complex de elemente să se afle în stare de funcționare.

Studierea disponibilității are ca scop prognozarea funcționării carierei și constituie un factor important în deciziile pe termen scurt din activitatea de dispecerat.

Din punctul de vedere al comportării în exploatare, o linie tehnologică este caracterizată prin următoarele mărimi.

### 1. Mărimi caracteristice de timp

$T_{PF}$ — timpul total programat de funcționare;
$T_F$ — timpul total real de funcționare;
$T_A$ — timpul total de staționare de avarie;
$T_N$ — timpul total de staționare netehnologic;
$T_{RP}$ — timpul total de reparații planificate.

Pentru un an calendaristic, între aceste mărimi există următoarea relație:

$$T = T_{PF} + T_N + T_{RP} = T_F + T_A + T_N + T_{RP}$$

### 2. Mărimi caracteristice de capacitate

$Q_N$ — capacitatea nominală garantată;
$Q_R$ — capacitatea de lucru realizată;
$\Delta Q_{RG}$ — reducere de capacitate datorită condițiilor geologice existente;
$\Delta Q_A$ — reducere parțială forțată de capacitate.

Între aceste mărimi există următoarea relație:

$$Q_N = Q_R + Q_{RG} + Q_A$$

### 3. Mărimi caracteristice de siguranță

S i g u r a n ț a d e t i m p (probabilitatea ca linia tehnologică să funcționeze și să se afle în stare de funcționare) $S_T$:

$$S_T = \frac{T_F}{T_F + T_A} = \frac{T - T_A - T_N - T_{RP}}{T - T_N - T_{RP}}$$

Această mărime este determinabilă prin înregistrarea cronologică a comportării în timp a liniei tehnologice.

S i g u r a n ț a v o l u m u l u i d e m a s e e x c a v a t e $S_V$ reprezintă probabilitatea carierei de a asigura volumul de mase excavate planificat.

$$S_V = \frac{V_R}{V_R + V_A}$$

unde:

$V_R$ — volumul de mase excavate realizat;
$V_A$ — volumul de mase neexcavate datorită avariilor.

S i g u r a n ț a c a p a c i t ă ț i i reprezintă probabilitatea carierei de a funcționa și de a asigura nivelul de capacitate solicitat $S_Q$:

$$S_Q = \frac{Q_R}{Q_R + \Delta Q_A} = \frac{Q_N - \Delta Q_A - \Delta Q_{RG}}{Q_N - \Delta Q_{RG}}$$

În figura 1 se prezintă corelarea acestor caracteristici pentru o linie tehnologică.

Indicatorul $S_V$ — siguranța volumului de mase excavate — este cel mai complex indicator, reflectînd simultan, atît comportarea în timp, cît și nivelul de capacitate asigurat.

Relația între indicatorii de siguranță este:

$$S_V = S_T \cdot S_Q = \frac{T_F \cdot Q_R}{T_F \cdot Q_R + T_F \Delta Q_A + T_A \cdot Q_R + T_A \cdot \Delta Q_A} =$$

$$= \frac{V'_R}{V_R + T_F \cdot \Delta Q_A + T_A \cdot (Q_R + \Delta Q_A)} =$$

$$= \frac{V_R}{V_R + V_{A1} + V_{A2} + V_{A3}}$$

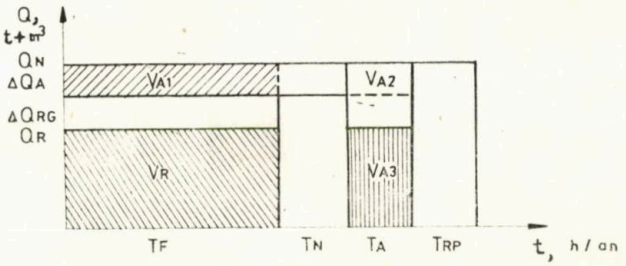



Fig. 1. Mărimile caracteristice de capacitate și de timp ale unei linii tehnologice, pentru definirea siguranței.

în care:

$V_{A1}$ este volumul de mase neexcavate pe perioada de funcționare datorită opririlor tehnologice;

$V_{A2} + V_{A3}$ — volumul de mase neexcavate datorită întreruperilor accidentale;

$D_T$ — disponibilitatea de timp — reprezintă capacitatea liniei tehnologice de a livra producţii la cerere.

$$D_T = \frac{T_F + T_N}{T} = \frac{T - T_A - T_{RP}}{T}$$

Disponibilitatea de timp reflectă numai capacitatea liniei tehnologice de a livra producţie la cerere, indiferent de nivelul de producţie solicitat;

$D_Q$ — disponibilitatea de capacitate — reprezintă posibilitatea liniei tehnologice de a asigura beneficiarului un anumit nivel de capacitate de producţie;

$$D_Q = \frac{Q_R + \Delta Q_{RG}}{Q_N} = \frac{Q_N - \Delta Q_A}{Q_N}$$

cînd se referă la o linie tehnologică sau:

$$D_Q = \frac{\Sigma Q_{Ri} + \Sigma \Delta Q_{RG}}{\Sigma Q_{Ni}}$$

cînd se referă la mai multe linii tehnologice (la o carieră).

Acest indicator necesită urmărirea variaţiei capacităţii în timp.

$D_V$ — disponibilitatea volumului de mase excavate — reprezintă capacitatea liniei tehnologice de a asigura producţia pe o perioadă de timp şi la un anumit nivel de cerere:

$$D_V = \frac{V_R}{V_N}$$

pentru o linie tehnologică,

şi:

$$D_V = \frac{\Sigma V_{Ri} + \Sigma V_{AON}}{\Sigma V_N}$$

pentru o carieră cu mai multe linii tehnologice, unde:

$V_R$ — volumul de mase excavate realizat în perioada de funcţionare $T_F$;

$V_{AON}$ — volumul de mase neexcavate în perioada opririlor netehnologice.

Pentru o linie tehnologică se poate stabili următoarea corelaţie:

$$D_Q \cdot D_T = \frac{(Q_R + \Delta Q_{RG})(T_F + T_N)}{Q_N \cdot T} =$$

$$= \frac{Q_R T_F + T_F \cdot \Delta Q_{RG} + (Q_R + \Delta Q_{RG}) \cdot T_N}{Q_N \cdot T} =$$

$$= \frac{V_R + V_{ARG} + V_{NN}}{V_M} = D_V$$

sau:

$$D_V = D_T \cdot D_Q = \frac{V_M - V_{AON} - V_{AN} - V_{RP}}{V_N}$$

unde:

$V_M$ este volumul de mase excavate maxim realizat;

$V_{AON}$ — volumul de mase neexcavate datorită opririlor netehnologice;

$V_{AN}$ — volumul de mase neexcavate datorită opririlor de avarie;

$V_{RP}$ — volumul de mase neexcavate datorită reparaţiilor planificate.

Se poate constata că indicatorii aferenţi producţiei de mase excavate reflectă simultan, atît comportarea în timp, cît şi nivelul de capacitate, însă necesită o estimare statistică mai complexă.

Pentru a putea lua în considerare reducerile de capacitate, se pot defini indicatori ce reflectă comportarea în timp. Astfel se pot defini timpi echivalenţi de oprire forţată a întregii linii tehnologice, aceştia adăugîndu-se la $T_A$:

$$T_{EOF} = \frac{\Delta Q}{Q_N} T_{\Delta P},$$

în care:

$Q$ este reducerea forţată de capacitate;

$T_{\Delta P}$ — durata de timp a reducerii forţate de capacitate.

Relaţia de definire a disponibilităţii de volum de mase excavate poate fi reprezentată grafic ca în figura 2.

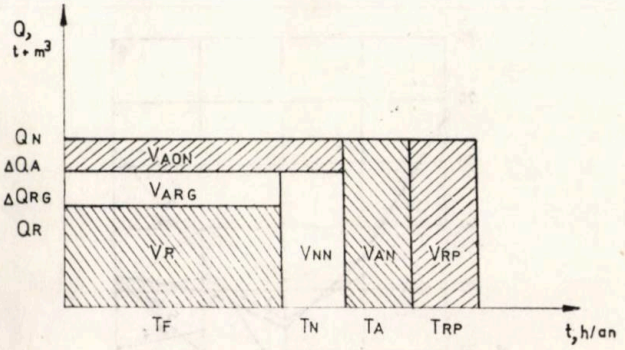



Fig. 2. Mărimile caracteristice pentru definirea disponibilităţii.

Prin schemele de disponibilitate se pot face studii comparative de scheme tehnologice, analizînd daunele cauzate de timpii de indisponibilitate în intervalul de timp considerat, ţinînd cont că coeficientul de oprire în avarie este dat de relaţia;

$$q_T = \frac{T_A}{T_F + T_A}$$

Datele statistice de exploatare din carierele de lignit constituie un material informaţional

pentru stabilirea disponibilităţii utilajelor şi a estimării indicatorilor de fiabilitate.

Analiza statistică a comportării în exploatare are ca scop evidenţierea influenţei asupra siguranţei în funcţionare a numărului utilajelor, a vîrstei acestora.

În figurile 3 şi 4 este prezentată influenţa capacităţii asupra disponibilităţii de timp şi a probabilităţii de avarie (coeficientul de avarie)

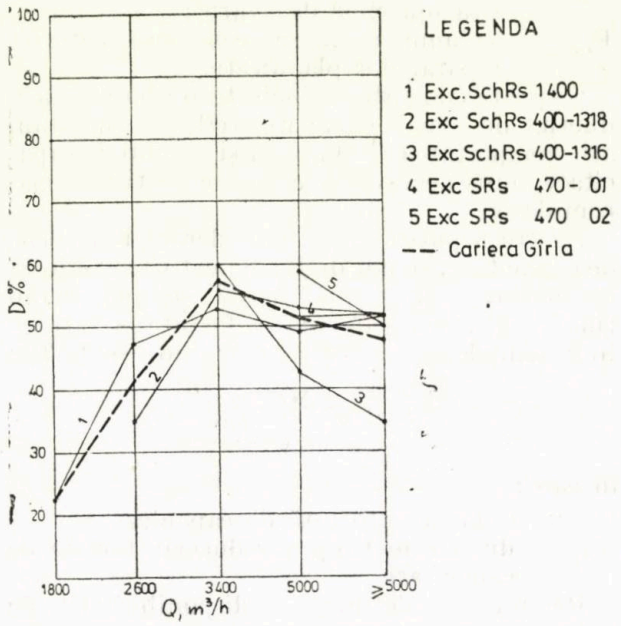



Fig. 3. Influenţa capacităţii asupra disponibilităţii de timp a carierei Gîrla.

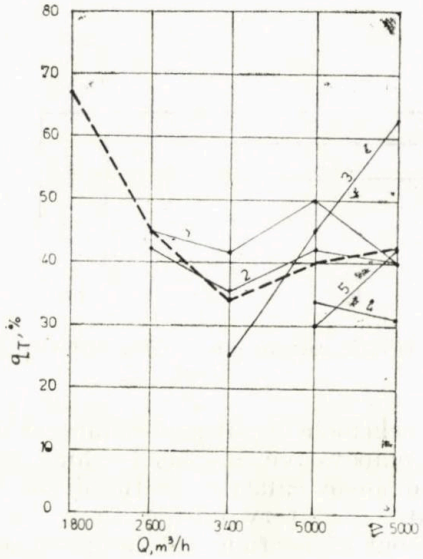



Fig. 4. Influenţa capacităţii asupra probabilităţii de avarie a carierei Gîrla.

pe ansamblul carieră. S-au luat în considerare datele privind activitatea carierei Gîrla în perioada 1969—1979.

Se observă că, în general, disponibilitatea creşte odată cu creşterea capacităţii orare; o uşoară scădere a disponibilităţii se observă la capacităţi mari. Acest lucru însă nu poate fi concludent, deoarece perioada pe care cariera Gîrla a lucrat cu capacitate orară ridicată este foarte mică (2—3 ani). În acelaşi mod se observă că probabilitatea de avarie scade cu creşterea capacităţii orare, manifestînd o oarecare tendinţă de creştere la capacităţi mari; şi aici este însă valabilă observaţia de mai sus.

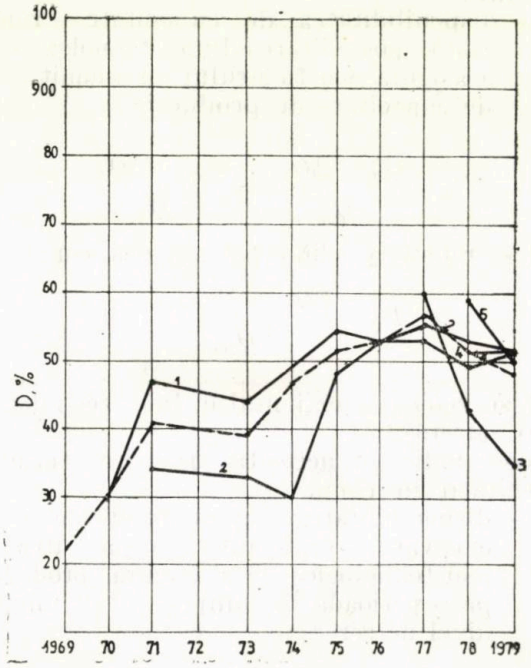



Fig. 5 Disponibilitatea carierei Gîrla şi a excavatoarelor în perioada 1969—1979.

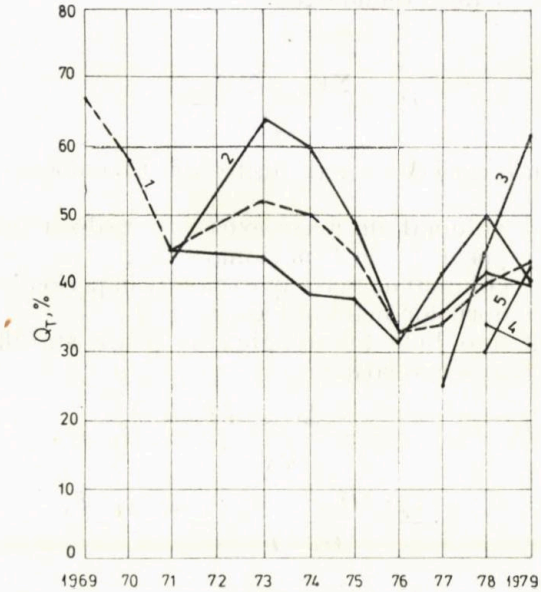



Fig. 6. Variaţia coeficientului de avarie în cariera Gîrla în perioada 1969—1979.

Aceste rezultate sînt justificate deoarece, odată cu creşterea capacităţii orare a carierei, în sensul creşterii numărului de utilaje de excavare, cresc posibilităţile de realizare a producţiei, iar experienţa de exploatare este îmbogăţită. S-ar părea că, în condiţiile carierei Gîrla, excavatorul Sch Rs.400 este mai fiabil decît excavatorul Sch Rs 1400.

Despre fiabilitatea excavatoarelor 3 ; 4 ; 5 nu se pot trage concluzii dat fiind perioada scurtă de timp de cînd au intrat în lucru (2—3 ani).

În figurile 5 şi 6 se prezintă disponibilitatea carierei Gîrla şi a utilajelor în perioada 1969—1979, precum şi variaţia coeficientului de avarie în aceşti ani.

După cum se observă, pe ansamblu, disponibilitatea prezintă o tendinţă de creştere, în timp ce coeficientul de avarie scade. Nu este concludentă variaţia în ultimii 2 ani din motivele amintite.

**Bibliografie**


[1] Mereuţă, C. şi Gayraud, J. *Măsuri practice pentru creşterea siguranţei în funcţionare a instalaţiilor energetice industriale.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1981, pag. 23—40.

[2] Niţu, V. I. şi Ionescu, C. *Fiabilitatea în energetică.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1980, pag. 104—158.

[3] Miclescu, Th. şi Bazacliu, G. *Optimizări în sisteme energetice.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1977, pag. 39—56.

[4] Mihoc, Gh. şi Micu *Teoria probabilităţii şi statistică matematică.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1980, pag. 142—160.


# Soluţie modernă de deschidere a noului cîmp minier de la Salina Praid


Ing. I. Almăşan şi ing. I. Makkai

I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca

ing. P. Reisz

Salina Praid


## I. Introducere

În ultimii 30 de ani, extracţia sării geme a cunoscut progrese importante, atît din punctul de vedere al creşterii capacităţilor de extracţie, cît şi al modernizării tehnologiilor de extracţie şi preparare.

Dezvoltarea industriei de produse sodice, a industriei alimentare, a zootehniei etc. reclamă menţinerea capacităţilor de producţie a salinelor ce extrag sare gemă pe cale uscată.

Salina Praid este una dintre importantele producătoare de sare industrială şi de sare comestibilă destinată zootehniei şi industriei alimentare.

Începuturile activităţii de extracţie a sării geme la Praid se pierd în adîncurile istoriei. Au mai rămas pînă astăzi, ca mărturii, surpările vechilor puţuri romane. Exploatarea sistematică, pe scară industrială, începe din secolele XVII—XVIII. De atunci pînă în zilele noastre s-au exploatat, prin camere mari trapezoidale, minele Iosif, Paralela, Gh. Doja şi orizonturile I, II şi III, adiacente minei Gh. Doja.

Din cauza epuizării rezervelor minei Gh. Doja şi a zonelor adiacente, încă din perioada cincinalului 1971—1975 s-a pus problema deschiderii unei mine noi.

## II. Delimitarea zonelor de exploatare

Perimentrul nou de exploatare deschis se află în partea de SV a cîmpului minier Praid, sub actualul perimetru de exploatare al minei Gh. Doja, între cotele +298 şi +226 m.

Limita superioară este determinată de grosimea planşeului de siguranţă din vatra minei Gh. Doja (38 m).

Limita inferioară este dată de adîncimea la care este rentabilă deschiderea simultană a minei (8 orizonturi), cu un grad de asigurare cu rezerve de 20 de ani, la o capacitate de 260 000 t/an sare gemă extrasă.

Limitele laterale înspre N, E şi S sînt determinate de zonele cu conţinuturi de peste 98 % NaCl, respectiv de marginea diapirului de sare vestic.

Soluţia de deschidere ce urma să fie aleasă, în afară obişnuitelor condiţii tehnico-economice, trebuia să rezolve şi următoarele probleme :

— amplasarea gurii de intrare în mină cît mai aproape de instalaţia de preparare, drumurile de la suprafaţă fiind foarte greu de întreţinut ;

— folosirea la maximum a lucrărilor de explorare executate în timpul cercetării zăcămîntului în perioada 1970—1975 ;

— izolarea completă a minei noi de minele vechi şi amplasarea lucrărilor de deschidere în afara zonelor de influenţă a cavităţilor părăsite.

Modul de deschidere este determinat şi de metoda de exploatare folosită la extragerea sării. Pentru condiţiile de zăcămînt, stratificaţie, calitate şi adîncime a fost adoptată metoda cu camere dreptunghiulare (20 × 12m) şi pilieri dreptunghiulari (20 × 12 m) cu planşeele

de protecţie de 8 m grosime între etaje. Această metodă asigură o extracţie de 38,7 % pentru toate cele 8 orizonturi deschise.

### III. Lucrări de deschidere

În acest scop s-au analizat mai multe variante, dintre care mai principale sînt :

1 — deschiderea cîmpului cu puţ de extracţie la zi şi drum de acces la preparaţie peste Dealul Sării ;

2 — deschiderea cu plan înclinat de la suprafaţă pînă la orizonturile de exploatare şi transportul sării cu mijloace auto ;

3 — deschiderea cu galerie de coastă şi puţ orb de extracţie şi transport cu vagonete ;

4 — deschiderea cu plan înclinat pentru transport auto şi puţ orb de extracţie cu skip pînă la orizonturile principale de concentrare a producţiei.

În urma analizei acestor variante au apărut următoarele probleme :

- executarea unui puţ de la zi sau a unei galerii de coastă ridică probleme deosebit de dificile la izolarea lucrărilor miniere împotriva pătrunderii apelor care circulă la contactul sării cu aluviunile acoperitoare ;
- lucrările de deschidere trebuie amplasate în masivul de sare nealterat şi, pe cît posibil, excluzînd noi străpungeri la suprafaţă, deoarece toate acestea dau probleme permanente de izolare hidroizolare ;
- transportul cu mijloace auto pe plan înclinat este mai scump decît extracţia cu skip prin puţ, datorită adîncimii orizonturilor de exploatare, ce implică lungimi relativ mari de plane înclinate, implicit mărirea distanţelor de transport.

În urma analizei s-a ales varianta a 4-a de deschidere, considerată cea mai avantajoasă din punct de vedere economic şi tehnic. Această variantă asigură, în acelaşi timp, folosirea la maximum a lucrărilor miniere existente (fig. 1) : planul înclinat pentru transportul auto (porţiunea 1—2), plane înclinate, galeria de explorare şi puţul de aeraj existent.

Lucrările de deschidere noi constau din planul înclinat destinat pentru transport auto şi un puţ orb de extracţie săpat la baza planului înclinat, care deschide noul cîmp minier pe adîncimea de 80 m (4 orizonturi). Puţul este amplasat în imediata apropiere a cîmpului minier şi este echipat cu skip-colivie cu capacitatea de 1,5 t.

La amplasarea puţului orb s-a avut în vedere şi poziţia minelor vechi şi a masivului de sare (fig. 3).

Accesul din puţ la orizonturi se face prin rampe scurte.

Sarea extrasă se încarcă în skipuri, prin intermediul unui siloz tampon şi camere de dozare.

Introducerea aerului proaspăt la orizonturi se realizează prin lucrările de explorare de la

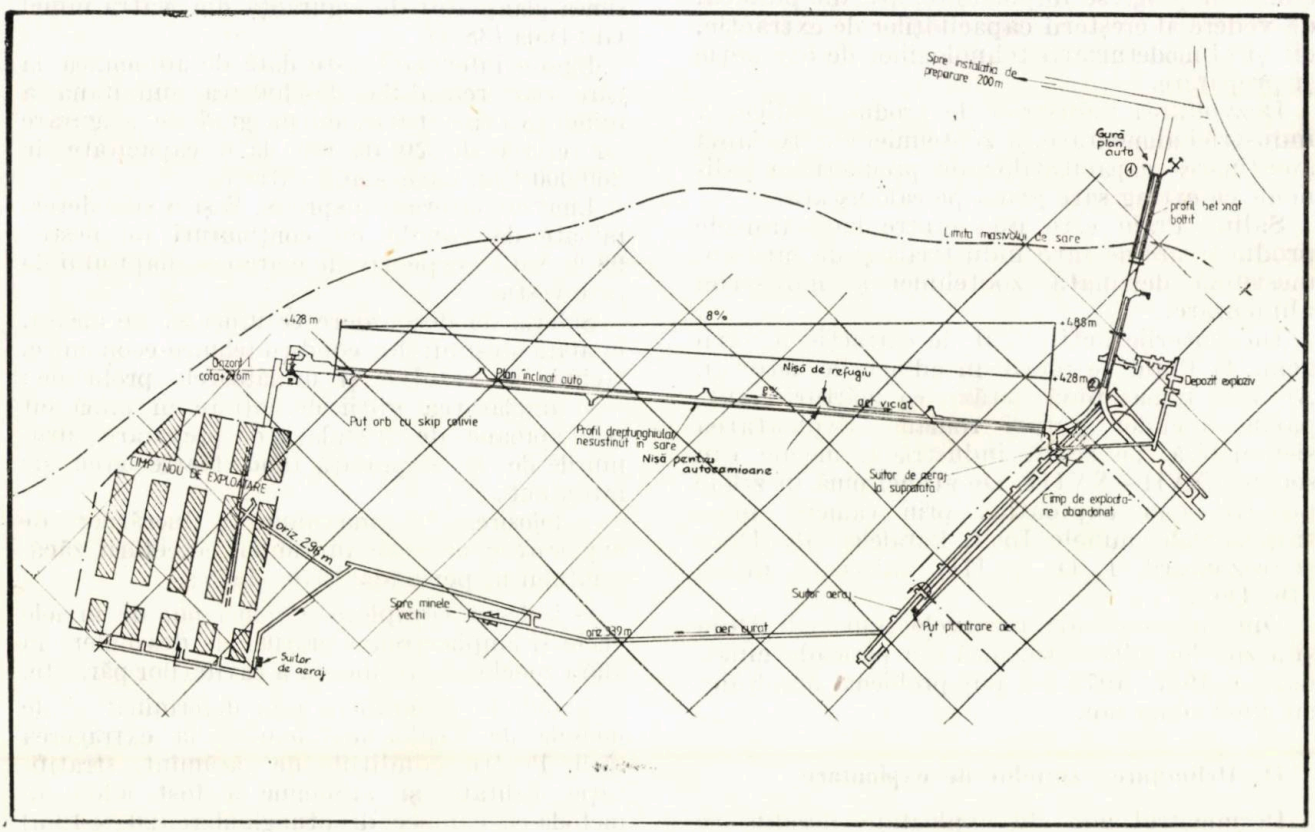



Fig. 1. Planul de ansamblu cu lucrările miniere de deschidere a cîmpului nou de exploatare de la Salina Praid.

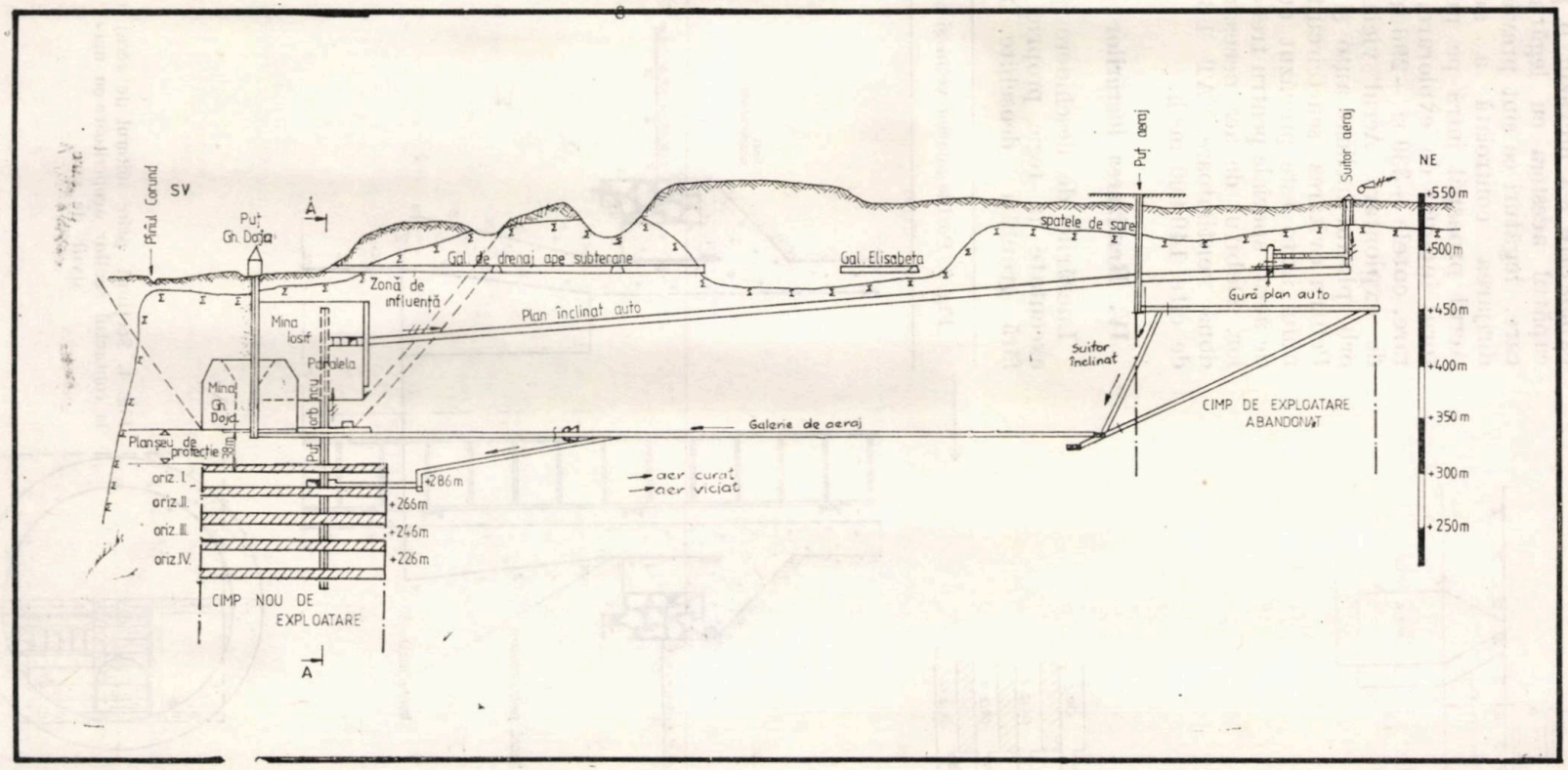



Fig. 2. Proiecția pe plan vertical a ansamblului de lucrări de deschidere a cîmpului nou de exploatare de la Salina Praid

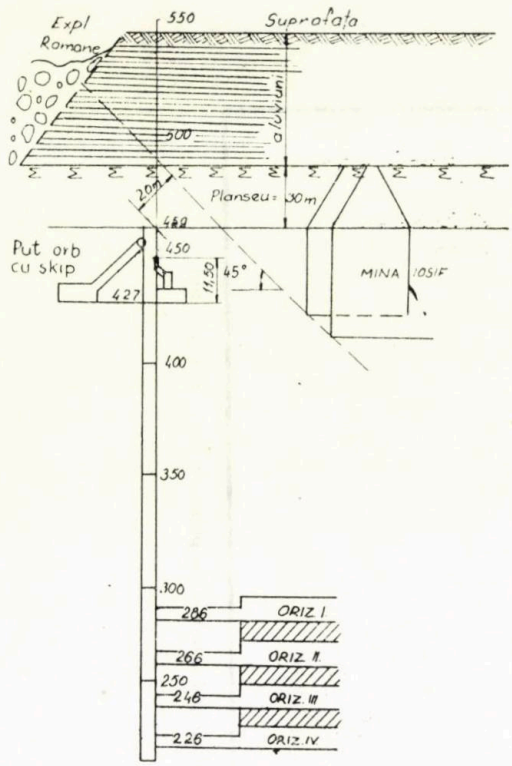


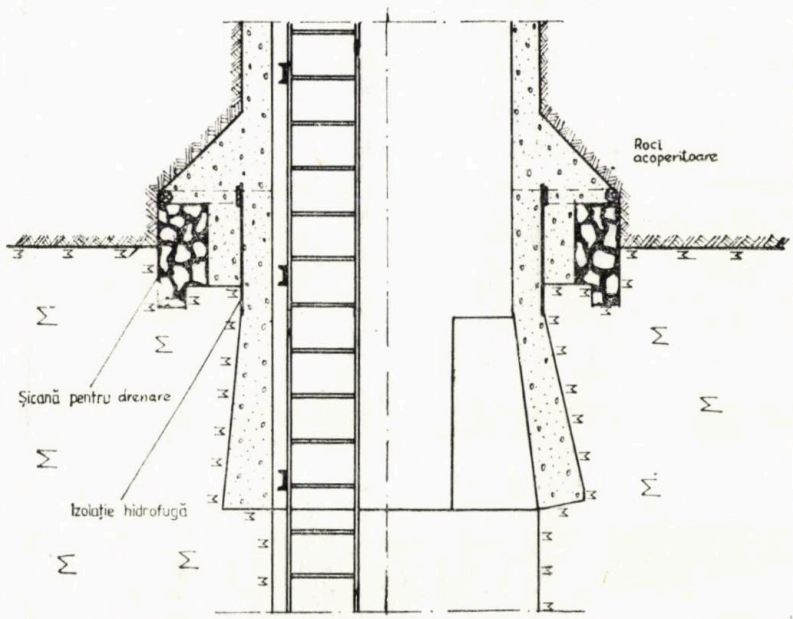

Fig. 3. Poziția minelor vechi și a masivului de sare

nivelul cotelor +296 și +339 m, respectiv prin puțul de aeraj existent.

În vederea dirijării aerului în camerele de exploatare s-a prevăzut o galerie de aeraj la capătul acestora cu legături separate la fiecare, legături ce sînt prevăzute cu uși pentru dirijarea controlată a aerului în camere. Aerul proaspăt intră pe puțul de aeraj, suitorul înclinat de explorare, galeria de explorare, cotele +339 și +296 m și spală camerele de exploatare. Aerul viciat iese prin puțul orb, planul înclinat auto și suitorul de aeraj. Pentru evitarea scurtcircuitărilor, accesul planului auto este prevăzut cu 2 rînduri de uși de aeraj speciale pentru trecerea autocamioanelor. Debitul de aer necesar este asigurat de două ventilatoare VAT 1 600/12, cu debitul de cîte 140 000 m³/h.

## IV. Realizarea lucrărilor

Lucrările de deschidere proiectate au fost executate în regie proprie de Salina Praid, fără greutăți deosebite. Suitorul de aeraj



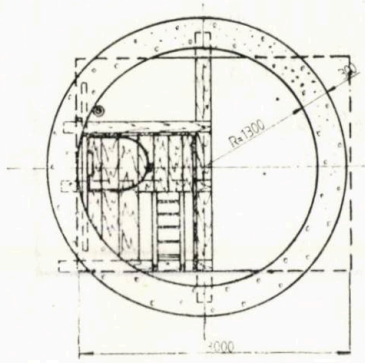




Fig. 4. Secțiuni prin suitorul de aeraj la contactul rocilor acoperitoare cu masivul de sare

pentru evacuarea aerului viciat a traversat zona de circulaţie a apelor la contactul masivului de sare cu rocile acoperitoare. Pentru izolarea lucrării, zona de aluvionar s-a susţinut în beton, iar în zona contactului s-au executat şicane pentru drenarea apelor (umplute cu pietriş) şi izolaţii hidrofuge (fig. 4). Cu aceste lucrări s-a reuşit izolarea completă a apelor. În caz de apariţie a apelor, în viitor, acestea vor putea fi oprite prin injectări de ciment în şicanele lăsate în spatele susţinerii de beton.

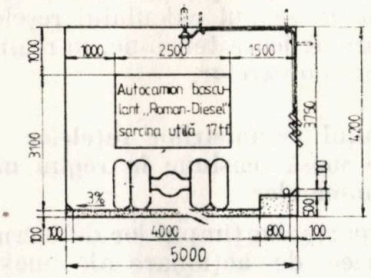



Fig. 5. Profilul planului înclinat auto

Vitezele de înaintare realizate au fost :

— la săparea planului înclinat cu profilul $GSN_s$—20,1 (fig. 5) s-a realizat viteza medie de 55 m/lună, viteza maximă atinsă în august 1978 fiind de 66 m/lună. Săparea s-a făcut prin perforare-împuşcare, havare la vatră şi încărcare cu maşina de încărcat cu cupă cu descărcare laterală;

— la săparea suitorului în axul puţului orb (6 $m^2$), s-a realizat o viteză medie de 40 m/lună, lungimea suitorului fiind de 129 m.

### Concluzii

În urma realizării lucrărilor de deschidere şi pregătire, extragerea sării se face în condiţii tehnico-economice eficiente. Capacităţile de extracţie la astfel de scheme de lucrări de deschidere în cazul zăcămintelor de sare sînt foarte elastice, deoarece mărimea capacităţii depinde numai de numărul şi capacitatea utilajelor de extracţie şi transport.

Prin folosirea unor lucrări de explorare existente, valoarea investiţiilor necesare deschiderii noului sector de producţie al Salinei Praid s-a redus considerabil.

# Calculul reţelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor

Conf. dr. ing. **M. Păsculescu**
ing. **C. Covaliov**
ing. **Gabriela Feier**

## I. Consideraţii generale

Pentru o funcţionare corectă, din punct de vedere tehnic, şi rentabilă, sub aspect economic, conductoarele oricărei reţele electrice trebuie să satisfacă, concomitent, o serie de condiţii care pot fi utilizate drept criterii de dimensionare sau de verificare a lor [1; 7; 8]. Secţiunea conductoarelor, trebuind să satisfacă în mod obligatoriu mai multe condiţii, va fi determinată de condiţia care îi impune valoarea cea mai mare. Alegînd secţiunea după acest criteriu, vor fi îndeplinite, de la sine, şi celelalte condiţii tehnico-economice, care cer valori mai mici.

În general, nu se poate cunoaşte, întotdeauna şi de la început, care este criteriul determinant ce trebuie folosit într-un caz concret, pentru dimensionarea secţiunii conductoarelor. Se pot face totuşi unele recomandări orientative care evită, de cele mai multe ori, repetarea inutilă a calculelor.

Obişnuit, în reţelele electrice miniere de joasă tensiune, de lungime relativ redusă, pierderea de tensiune şi curenţii de scurtcircuit fiind mici, se recomandă ca secţiunea să fie aleasă pe baza încălzirii admisibile în regim nominal şi apoi verificată la restul condiţiilor.

La reţelele de joasă tensiune, de lungime relativ mare, condiţia cea mai grea, care trebuie să fie adoptată pentru dimensionare, este cea a pierderii de tensiune. Satisfacerea acesteia duce, de obicei, la verificarea sigură şi a celorlalte condiţii. Se remarcă însă că pentru a aprecia just dacă reţeaua este lungă sau scurtă, este necesară o oarecare experienţă de proiectare, întrucît aceşti termeni sînt destul de relativi şi depind, atît de valoarea tensiunii, cît şi de sarcina reţelei.

Tendinţa de mecanizare, automatizare, dezvoltarea în adîncime a minelor şi extinderea cîmpurilor miniere, ca suprafaţă şi adîncime, au determinat şi vor determina şi mai mult în viitor mărirea numărului şi puterii instalate a maşinilor şi instalaţiilor miniere, creşterea considerabilă a reţelelor electrice miniere şi complicarea, din ce în ce mai mult, a configuraţiei sistemelor de electrificare a sectoarelor miniere, în special pe partea de joasă tensiune.

Aceste constatări sînt valabile şi chiar devin mai evidente pentru schemele de electrificare a exploatărilor din Valea Jiului, în special pentru reţelele electrice de sector care, datorită condiţiilor de zăcămînt deosebit de dificile (falii, ondulaţii, grosimi şi înclinări diferite a stratelor etc.), diversităţii metodelor de exploatare şi tehnologiilor de mecanizare, admit multiple variante de construcţie şi realizare, ajungîndu-se ca modul de rezolvare a acestora să condiţioneze realizarea în practică a deziderateloг urmărite prin mecanizarea şi automatizarea proceselor de extracţie miniere [8].

În aceste condiţii, personalul tehnic de specialitate din cadrul serviciilor energetice ale întreprinderilor miniere se confruntă cu numeroase probleme legate de configuraţia reţelelor electrice de distribuţie, probleme a căror rezolvare trebuie făcută corect din punct de vedere tehnico-economic şi în timp util. Dintre acestea se amintesc următoarele :

— alegerea secţiunii necesare cablurilor electrice de alimentare ale receptoarelor ;

— determinarea pierderilor de tensiune pe cablurile flexibile, suma pierderilor de tensiune pe cablurile armate şi transformatoarele de forţă, pierderile de tensiune în transformatoare ;

— determinarea lungimii maxime admisibile a cablului armat de o anumită secţiune, dacă lungimea şi secţiunea cablului flexibil sînt cunoscute ;

— determinarea lungimii maxime admisibile, precum şi secţiunea cablului flexibil dacă sînt date lungimea şi secţiunea cablului armat ;

— aflarea tensiunii la bornele motoarelor, în cazul pornirii lor, sau lungimile şi secţiunile admise ale cablurilor la adoptarea unei valori minime a tensiunii ;

— determinarea curenţilor reali de pornire ai motoarelor, momentele reale de pornire, precum şi cele maxime la arborii acestora ;

— determinarea valorilor curenţilor de scurtcircuit bifazaţi şi trifazaţi, necesare pentru reglarea protecţiei prin relee şi alegerea aparatelor de comutaţie.

Metodele analitice de determinare a secţiunii conductoarelor, de determinare a pierderilor de tensiune, de verificare a reţelelor de cabluri în regim de pornire a motoarelor şi de calcul a curenţilor de scurtcircuit, în scopul reglării corespunzătoare a protecţiilor, necesită calcule lungi şi laborioase. Pe de altă parte, aceste calcule trebuie refăcute periodic datorită avansării fronturilor de lucru, a modificării lungimii reţelelor, a numărului şi puterii consumatorilor, a tensiunii primare de alimentare a transformatorului de forţă etc.

Din motivele arătate, în practică se pot folosi cu succes metode grafice, bazate pe folosirea unor nomograme. Metoda nomogramelor prezintă avantajul că este expeditivă, permite o mai uşoară apreciere a influenţei diverşilor parametri asupra valorii secţiunii, face posibilă compararea rapidă a mai multor variante, în vederea optimizării soluţiei din punct de vedere economic, prin adoptarea aceleia care conduce la preţul de cost minim al întregului echipament al reţelei.

În prezent, la noi în ţară există întocmite nomograme pentru calculul curenţilor de scurtcircuit minimi [2, pag. 383—391] în reţelele miniere de joasă tensiune, dotate cu diverse tipuri de transformatoare de forţă. În lucrarea de faţă, autorii concep algoritme şi construiesc nomograme în scopul calculului reţelelor electrice miniere de joasă tensiune, în regim normal de lucru a motoarelor.

## II. Calculul parametrilor reţelelor electrice miniere de joasă tensiune în regim normal de lucru al motoarelor

O mare parte din timpul lor de lucru, motoarele electrice de acţionare ale maşinilor şi utilajelor din abataje funcţionează la sarcină egală sau apropiată de cea nominală ; un astfel de regim îl vom considera regim normal de lucru al motoarelor. În scopul asigurării limitelor admisibile de variaţie a tensiunii la bornele motoarelor asincrone, în regim normal de lucru ($\pm$ 5 % din tensiunea nominală) este necesară determinarea următorilor parametri ai reţelelor :

— pierderea de tensiune pe cablul flexibil, pe cablul armat şi pe transformator sau suma acestor pierderi, pentru o reţea electrică dată ;

— lungimea maximă admisă pentru cablul armat de o anumită secţiune, dacă se cunosc lungimea şi secţiunea cablului flexibil ;

— lungimea maximă admisă şi secţiunea cablului flexibil, atunci cînd sînt date lungimea şi secţiunea cablului armat ;

— influenţa puterii şi tipului transformatorului de forţă asupra lungimii şi secţiunii admise a cablului armat sau a pierderii de tensiune din acesta şi transformator.

Determinarea parametrilor menţionaţi anterior se poate face, în mod eficient (cu o eroare sub 3 %), prin utilizarea unor nomograme, care folosesc trei cadrane cu coordonate rectangulare şi a căror mod de construcţie se va descrie în continuare [4 ; 5 ; 6].

1. *Principiul de construcţie al nomogramelor, pentru calculul reţelelor electrice miniere de joasă tensiune, în regim normal de lucru al motoarelor*

a. Cadranul I

Primul cadran al nomogramelor constituie realizarea grafică a relaţiei care exprimă dependenţa între pierderile de tensiune pe cablul flexibil ($\Delta U_{cf}$) de caracteristicile consumatorului şi parametrii reţelei :

$$\Delta U_{cf} = \sqrt{3} I_m L_{cfr} (r_{ocf} \cos\varphi_m + x_{ocf} \sin\varphi_m) \qquad (1)$$

unde :

$I_m$ este curentul absorbit de motor, $A$;
$L_{cfr}$ — lungimea cablului flexibil, raportată la secţiunea de 50 mm², km;
$r_{ocf}$ şi $x_{ocf}$ — rezistenţa şi reactanţa specifică a cablului flexibil corespunzătoare secţiunii de 50 mm²,Ω/km;
$\cos\varphi_m$ — factorul de putere al motorului în regim normal de lucru.

Deoarece în practică este mai simplu să lucrăm cu mărimea puterii, în mod real primul cadran al nomogramelor se construieşte pe baza formulei :

$$\Delta U_{cf} = \frac{10^3 \cdot P_m \cdot L_{cfr}}{U_N \cdot \eta_m \cdot \cos\varphi_m} (r_{ocf}\cos\varphi_m + x_{ocf}\sin\varphi_m) \quad (2)$$

unde :

$P_m$ este puterea motorului, kW;
$U_N$ — tensiunea nominală a reţelei electrice de sector, V;
$\eta_m$ — randamentul motorului.

Lungimea raportată a cablului flexibil, dacă este dată lungimea şi secţiunea lui, se determină cu relaţia :

$$L_{cfr} = L_{cf} \cdot k_r \quad (3)$$

unde :

$L_{cf}$ este lungimea neraportată a cablului flexibil;
$k_r$ — coeficientul de raportare.

În mod analog se determină şi lungimea raportată a cablului armat.

Dacă cablul constă din mai multe tronsoane de lungimi şi secţiuni diferite, atunci lungimea raportată se determină cu relaţia :

$$L_r = \sum_{i=1}^{i=n} L_i \cdot k_{ri} \quad (4)$$

unde :

$L_i$ reprezintă lungimile tronsoanelor de cablu de diferite secţiuni, km;
$k_{ri}$ — coeficienţii de raportare, corespunzători diferitelor secţiuni ale cablurilor;
$n$ — numărul tronsoanelor de cabluri de diferite secţiuni.

Coeficienţii de raportare, pentru diferite secţiuni ale cablului, se calculează cu relaţia :

$$k_r = \frac{r'_{ocf} \cdot \cos\varphi_m + x'_{ocf} \cdot \sin\varphi_m}{r_{ocf} \cdot \cos\varphi_m + x_{ocf} \cdot \sin\varphi_m} \quad (5)$$

unde :

$r'_{ocf}$ şi $x'_{ocf}$ reprezintă rezistenţa şi reactanţa specifică a cablului flexibil cu secţiunea dată, Ω/km.

Pentru combinele a căror motoare de acţionare sînt de aceeaşi serie, factorul de putere utilizat la construcţia nomogramelor ($\cos\varphi_m$) s-a determinat ca o medie ponderată a factorilor de putere nominali indicaţi în catalog, prin utilizarea relaţiei :

$$\cos\varphi_m = \frac{I_{N1}\cos\varphi_{N1} + I_{N2}\cos\varphi_{N2} + \ldots + I_{Nn}\cos\varphi_{Nn}}{I_{N1} + I_{N2} + \ldots + I_{Nn}} \quad (6)$$

unde :

$I_{Ni}$ şi $\cos\varphi_{Ni}$ reprezintă valorile curenţilor nominali şi factorilor de putere nominali ai motoarelor de acţionare.

La determinarea pierderilor de tensiune pe cablul flexibil, randamentul $\eta_m$ s-a calculat ca o valoare medie a randamentelor motoarelor, adică :

$$\eta_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \eta_i}{n} \quad (7)$$

unde :

$\eta_i$ este randamentul corespunzător motorului $i$;
$n$ — numărul motoarelor.

La construcţia nomogramelor, valoarea tensiunii nominale s-a considerat constantă şi de aceea pentru fiecare tensiune nominală a releţei (380V, 660V, 1140V), s-a construit o nomogramă independentă. Construcţia primului cadran al nomogramei s-a efectuat considerînd o dependenţă liniară a pierderii de tensiune pe cablul flexibil în funcţie de lungimea redusă a acestuia, astfel că pierderea de tensiune a fost suficient să se calculeze numai pentru două valori ale lungimilor raportate şi anume 0 şi 500 m. Valorii nule a pierderii de tensiune îi corespunde punctul situat pe axa ordonatelor la distanţă de origine egală cu :

$$\Delta U = U_{TN} - 0{,}95\ U_N \quad (8)$$

unde :

$U_{TN}$ este valoarea tensiunii secundare de pe plăcuţa cu date nominale a transformatorului din postul de transformare de sector, V.

Din acest punct, prin punctele care reprezintă valorile obţinute pentru pierderea de tensiune pe cablul flexibil, se trasează dreptele corespunzătoare diferitelor valori ale puterii motoarelor. De la acest punct se citesc (socotesc), de asemenea, pierderile de tensiune pe cablul flexibil, avînd loc totodată creşterea valorilor acestor pierderi pe măsura deplasării spre centrul de coordonate.

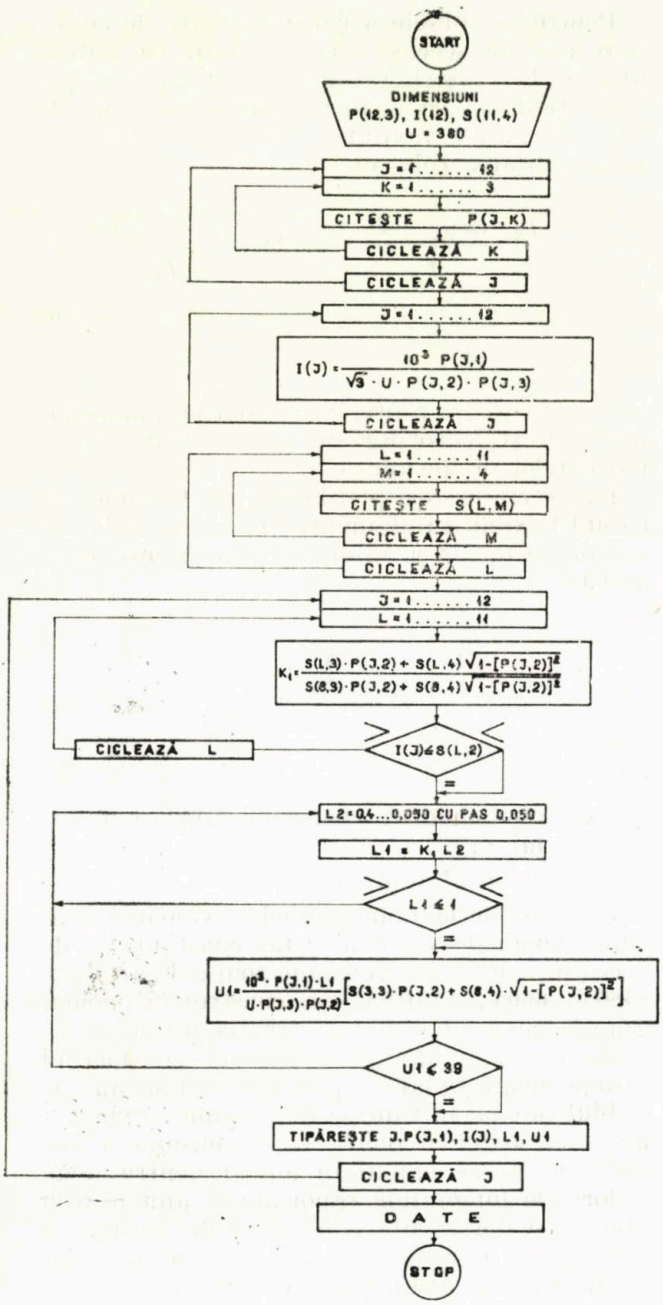



Fig. 1. Algoritmul de calcul al pierderilor de tensiune pe cablurile flexibile.

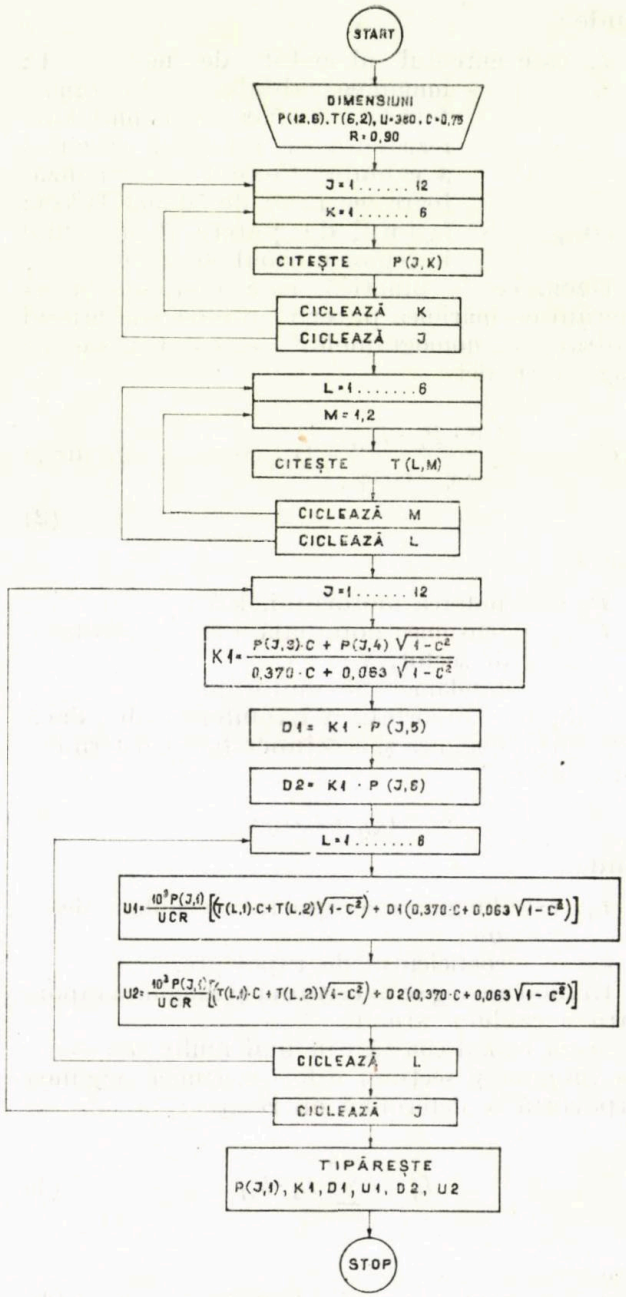



Fig. 2. Algoritmul de calcul al pierderilor de tensiune pe cablurile armate și transformatoarele de forță.

**b.** Cadranul II

Pentru construcția celui de-al doilea cadran al nomogramelor s-a utilizat relația:

$$\Delta U_T + \Delta U_{ca} = \frac{10^3 \cdot P_{ca}}{U_N \eta_{ca} \cos\varphi_{ca}} [(r'_T \cos\varphi_{ca} + x'_T \sin\varphi_{ca}) + L_{car}(r_{oca}\cos\varphi_{ca} + x_{oca}\sin\varphi_{ca})] \quad (9)$$

unde:

$\Delta U_T$, $\Delta U_{ca}$ reprezintă pierderile de tensiune pe transformator și respectiv pe cablul armat, V;

$P_{ca}$ — puterea transmisă pe cablul armat kW;

$r_{oca}$ și $x_{oca}$ — rezistența și reactanța specifică a cablului armat cu secțiunea de 50 mm², Ω/km;

$r'_T$ și $x'_T$ — rezistența și reactanța unei faze a unui transformator convențional cu puterea de 320 kVA, Ω;

$L_{car}$ — lungimea raportată a cablului armat, km;

$\cos\varphi_{ca}\eta_{ca}$ — valorile medii ponderate ale factorilor de putere și randamentelor tuturor consumatorilor alimentați prin intermediul cablului armat.

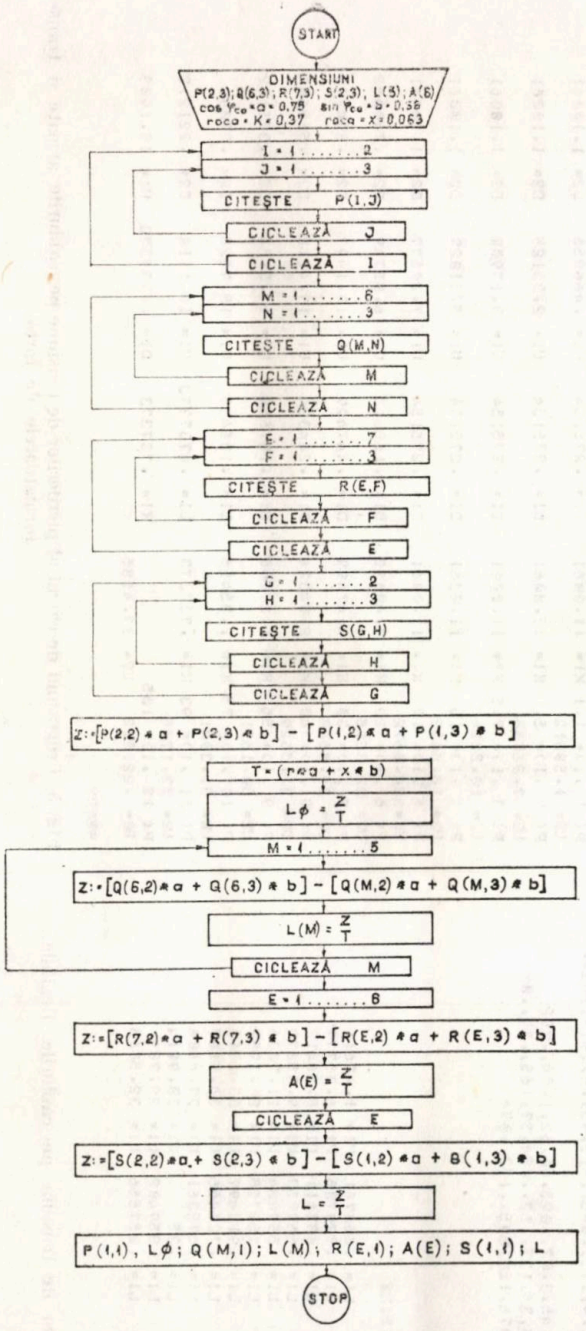



Fig. 3. Algoritmul de calcul al lungimii maxime a cablului armat pentru o pierdere de tensiune pe transformator şi cablul armat, constantă.

Suma pierderilor de tensiune pe transformatorul de forţă şi pe cablul armat ($\Delta U_T + \Delta U_{ca}$) este trecută pe axa ordonatelor, iar lungimea raportată a cablului armat ($L_{car}$) pe axa absciselor.

**c.** Cadranul III

Deoarece dependenţa dintre suma pierderilor de tensiune pe transformator şi cablul armat, în funcţie de lungimea raportată, este trasată pentru cazul unui transformator convenţional, pentru determinarea influenţei parametrilor transformatorului real se utilizează cadranul III al nomogramelor.

Influenţa parametrilor diferitelor transformatoare se ia în considerare prin decalarea faţă de dreapta corespunzătoare transformatorului convenţional (care trece prin originea axelor de coordonate), cu valoarea:

$$L = \frac{Z_{conv}}{r_{oca}\cos\varphi_{ca} + x_{oca}\sin\varphi_{ca}} \qquad (10)$$

unde:

$$Z_{conv} = (r'_T \cos\varphi_{ca} + x'_T \sin\varphi_{ca}) - (r_T \cos\varphi_{ca} + x_T \sin\varphi_{ca}) \qquad (11)$$

în care:

$r_T$ şi $x_T$ reprezintă rezistenţa activă şi inductivă pe fază a transformatorului instalat în realitate în sector, Ω.

În cazul transformatoarelor cu putere nominală aparentă mai mare decît cea a transformatorului convenţional, valoarea $L$ va avea semnul (+), iar în cazul transformatoarelor cu putere mai mică, va avea semnul (—) şi se va înscrie pe axa absciselor de la origine spre stînga.

2. *Utilizarea calculatorului electronic la calculul parametrilor reţelelor electrice miniere de sector în regim normal de lucru al motoarelor*

În scopul reducerii volumului de calcule necesare a se efectua pentru întocmirea nomogramelor, după metodologia şi pe baza relaţiilor analitice prezentate anterior, s-a apelat la utilizarea calculatorului electronic.

S-au întocmit astfel algoritmii de calcul [4; 5; 6] ai pierderilor de tensiune pe cablurile flexibile de alimentare a utilajelor frecvent întîlnite în abatajele mecanizate din minele de cărbuni de la noi din ţară (fig. 1), a sumei pierderilor de tensiune pe transformatorul de forţă ales convenţional şi cablul armat (fig. 2), precum şi lungimea cablului armat pînă la care se menţine constantă această sumă, în cazul în care se modifică puterea nominală a transformatorului de forţă (fig. 3).

Pe baza schemelor logice prezentate în figurile 1, 2, 3, s-au întocmit programe în limbaj dialogal BASIC-RT-11, care au fost rulate pe calculatorul PDP-11/40. Programele întocmite precum şi datele obţinute sînt indicate în figurile 4, 5 şi 6. Astfel au fost ridicate nomograme pentru calculul parametrilor reţelelor electrice miniere de sector în regim normal de lucru al motoarelor, pentru diferite familii de transformatoare de putere utilizate în prezent în exploatările noastre miniere [5]. În figurile

```
LIA1                MU BASIC/RT-11 V01-01

10 REM CALCULUL PARAMETRILOR RETELELOR ELECTRICE MINIERE DE SECTOR IN RE
GIM NORMAL DE LUCRU A MOTOARELOR
45 PRINT "PIERDERI DE TENSIUNE PE CABLURILE FLEXIBILE"
46 PRINT
50 DIM P(12,3),I(12),S(11,4)
55 U=380
60 FOR J=1 TO 12 \ FOR K=1 TO 3
70 READ P(J,K)
75 NEXT K \ NEXT J
80 FOR J=1 TO 12
85 I(J)=(10^3*P(J,1))/(SQR(3)*U*P(J,2)*P(J,3))
90 NEXT J
95 FOR L=1 TO 11 \ FOR M=1 TO 4
105 READ S(L,M)
110 NEXT M \ NEXT L
115 FOR J=1 TO 12 \ FOR L=1 TO 11
122 K1=(S(L,3)*P(J,2)+S(L,4)*SQR(1-(P(J,2))^2))/(.37*P(J,2)+.081*SQR(1-(
P(J,2))^2))
125 IF I(J)<=S(L,2) THEN 144
130 NEXT L
144 L2=.4
146 L2=L2-.05
1
 50 L1=K1*L2
152 IF L1>=1 THEN 146
155 U2=S(8,3)*P(J,2)+S(8,4)*SQR(1-(P(J,2))^2)
160 U1=(10^3*P(J,1)*L1)/(U*P(J,3)*P(J,2))*U2
165 IF U1>39 THEN 146
170 PRINT J;TAB(5);"P(""J"",1)=";P(J,1);TAB(22);"I(""J"")=";I(J);TAB(41);"L1
=";L1;TAB(54);"U1=";U1
175 NEXT J
180 DATA 1.1,.78,.76,5.5,.83,.85,7.5,.84,.86,13,.86,.88,17,.87,.89,22,.8
75,.895
185 DATA 30,.88,.9,40,.885,.905,55,.89,.91,75,.895,.915,93,.8,.918,105,.
845,.92
190 DATA 2.5,26,7.36,.16,4,34,4.6,.1,6,45,3.07,.095,10,62,1.84,.092
195 DATA 16,83,1.15,.09,25,110,.74,.088,35,135,.52,.084,50,165,.37,.081
200 DATA 70,210,.26,.079,95,250,.194,.078,120,295,.153,.076
350 END

READY
RUNNH

PIERDERI DE TENSIUNE PE CABLURILE FLEXIBILE

 1   P( 1 ,1)= 1.1     I( 1 )= 2.81929     L1= .860761   U1= 1.42611
 2   P( 2 ,1)= 5.5     I( 2 )= 11.8446     L1= .879706   U1= 6.35779
 3   P( 3 ,1)= 7.5     I( 3 )= 15.7739     L1= .883611   U1= 8.56412
 4   P( 4 ,1)= 13      I( 4 )= 26.0986     L1= .557253   U1= 9.05672
 5   P( 5 ,1)= 17      I( 5 )= 33.3577     L1= .559824   U1= 11.7036
 6   P( 6 ,1)= 22      I( 6 )= 42.6823     L1= .752758   U1= 20.1989
 7   P( 7 ,1)= 30      I( 7 )= 57.5509     L1= .913497   U1= 33.1519
 8   P( 8 ,1)= 40      I( 8 )= 75.8794     L1= .725466   U1= 34.8167
 9   P( 9 ,1)= 55      I( 9 )= 103.178     L1= .572361   U1= 37.4606
 10  P( 10 ,1)= 75     I( 10 )= 139.147    L1= .35       U1= 30.9814
 11  P( 11 ,1)= 93     I( 11 )= 192.4      L1= .259402   U1= 29.789
 12  P( 12 ,1)= 105    I( 12 )= 205.211    L1= .257556   U1= 32.5868

READY
```

Fig. 4 Programul de calcul al pierderilor de tensiune pe cablurile flexibile.

```
LIA3                MU BASIC/RT-11 V01-01

20 REM CALCULUL PARAMETRILOR RETELELOR ELECTRICE MINIERE DE SECTOR IN RE
G
 IM NORMAL DE LUCRU A MOTOARELOR
25 PRINT " PIERDERI DE TENSIUNE PE CABLURILE ARMATE SI TRANSFORMATOARELE
 DE FORTA"
27 PRINT
50 DIM P(12,6),T(6,2) \ U=380 \ C=.75 \ R=.9
75 FOR J=1 TO 12 \ FOR K=1 TO 6
85 READ P(J,K) \ NEXT K \ NEXT J
100 FOR L=1 TO 6 \ FOR M=1 TO 2
105 READ T(L,M) \ NEXT M \ NEXT L \ FOR J=1 TO 12
135 K1=(P(J,3)*C+P(J,4)*SQR(1-C^2))/(.37*C+.063*SQR(1-C^2))
140 D1=K1*P(J,5) \ D2=K1*P(J,6) \ Y=(10^3*P(J,1))/(U*R*C)
150 Y1=T(L,1)*C+T(L,2)*SQR(1-C^2) \ Y2=D1*(.37*C+.063*SQR(1-C^2)) \ U1=Y
*(Y1+Y2)
160 X=(10^3*P(J,1))/(U*R*C)
180 X1=T(L,1)*C+T(L,2)*SQR(1-C^2) \ X2=D2*(.37*C+.063*SQR(1-C^2))
190 U2=X*(X1+X2)
212 PRINT "P("J",1)=";P(J,1),"K1=";K1,"D1=";D1,"U1="U1,"D2=";D2,"U2="U2
220 NEXT J
250 DATA 1.1,4,4.6,.095,.025,.1,5.5,4,4.6,.095,.025,.1
255 DATA 7.5,4,4.6,.095,.025,.1,13,4,4.6,.095,.025,.1
260 DATA 17,4,4.6,.095,.025,.1,22,6,3.07,.09,.025,.1
265 DATA 30,10,1.84,.073,.1,.2,40,16,1.15,.068,.1,.2
270 DATA 55,25,.74,.066,.1,.2,75,35,.52,.064,.1,.2
275 DATA 93,70,.26,.061,.1,.3,105,70,.26,.061,.1,.3
280 DATA 4.10000E-03,.0126,.01,.0224,6.20000E-03,.032,.0221,.047,8.67000
E-03,.02843,5.90000E-03,.02491
300 END

READY
RUNNH

 PIERDERI DE TENSIUNE PE CABLURILE ARMATE SI TRANSFORMATOARELE DE FORTA

P( 1 ,1)= 1.1 K1= 11.0061   D1= .275154   U1= .466256   D2= 1.10061
U2= 1.59612
P( 2 ,1)= 5.5 K1= 11.0061   D1= .275154   U1= 2.33128   D2= 1.10061
U2= 7.98058
P( 3 ,1)= 7.5 K1= 11.0061   D1= .275154   U1= 3.17902   D2= 1.10061
U2= 10.8826
P( 4 ,1)= 13  K1= 11.0061   D1= .275154   U1= 5.51029   D2= 1.10061
U2= 18.8632
P( 5 ,1)= 17  K1= 11.0061   D1= .275154   U1= 7.20577   D2= 1.10061
U2= 24.6672
P( 6 ,1)= 22  K1= 7.40052   D1= .185013   U1= 6.85749   D2= .740052
U2= 22.0518
P( 7 ,1)= 30  K1= 4.47499   D1= .447499   U1= 19.1497   D2= .894998
U2= 35.8548
P( 8 ,1)= 40  K1= 2.84324   D1= .284324   U1= 17.4112   D2= .568648
U2= 31.5629
P( 9 ,1)= 55  K1= 1.87566   D1= .187566   U1= 17.3184   D2= .375132
U2= 30.1551
P( 10 ,1)= 75 K1= 1.35455   D1= .135455   U1= 18.7528   D2= .27091
U2= 31.3941
P( 11 ,1)= 93 K1= .737373   D1= .0737373  U1= 16.1114   D2= .221212
U2= 33.1775
P( 12 ,1)= 105              K1= .737373   D1= .0737373  U1= 18.1903
D2= .221212   U2= 37.4585

READY
```

Fig. 5. Programul de calcul al pierderilor de tensiune pe cablurile armate și transformatoarele de forță.

```
LIA2              MU BASIC/RT-11 V01-01

5 REM PROGRAM PENTRU DETERMINAREA INFLUENTEI TIPURILOR SI PUTERILOR
6
  REM TRANSFORMATOARELOR DE FORTA ASUPRA PIERDERILOR DE TENSIUNE
10 DIM P(2,3),Q(6,3),R(7,3),S(2,3),L(5),A(6)
20 A1=.75 \ B=.66 \ R1=.37 \ X=.063
30 FOR I=1 TO 2 \ FOR J=1 TO 3
50 READ P(I,J) \ NEXT J \ NEXT I
70 FOR M=1 TO 6 \ FOR N=1 TO 3
90 READ Q(M,N) \ NEXT N \ NEXT M
110 FOR E=1 TO 7 \ FOR F=1 TO 3
130 READ R(E,F) \ NEXT F \ NEXT E
150 FOR G=1 TO 2 \ FOR H=1 TO 3
170 READ S(G,H) \ NEXT H \ NEXT G
190 Z=(P(2,2)*A1+P(2,3)*B)-(P(1,2)*A1+P(1,3)*B)
200 T=(R1*A1+X*B) \ L0=Z/T \ FOR M=1 TO 5
230 Z1=(Q(6,2)*A1+Q(6,3)*B)-(Q(M,2)*A1+Q(M,3)*B)
240 L(M)=Z1/T \ NEXT M
260 FOR E=1 TO 6
270 Z2=(R(7,2)*A1+R(7,3)*B)-(R(E,2)*A1+R(E,3)*B)
280 A(E)=Z2/T \ NEXT E
300 Z3=(S(2,2)*A1+S(2,3)*B)-(S(1,2)*A1+S(1,3)*B)
310 L=Z3/T
320 PRINT "S=";P(1,1);"L0=";L0;"S1=";S(1,1);"L=";L
330 FOR M=1 TO 5
340 PRINT "Q(M,1)=";Q(M,1);"L(M)=";L(M)
350 NEXT M \ FOR E=1 TO 6
370 PRINT "R(E,1)=";R(E,1);"A(E)=";A(E)
380 NEXT E
3
 90 DATA 250,5.90000E-03,.02491,400,3.10000E-03,.0157
395 DATA 75,.0241,.0516
397 DATA 100,.0221,.048
399 DATA 135,.0111,.03
401 DATA 180,8.90000E-03,.0223
403 DATA 240,5.70000E-03,.0171
405 DATA 320,3.40000E-03,.0107
407 DATA 135,.0136,.05333
409 DATA 160,.01,.035
411 DATA 180,8.90000E-03,.0428
413 DATA 240,5.70000E-03,.0294
415 DATA 250,5.70000E-03,.0294
417 DATA 400,2.70000E-03,.014
419 DATA 630,5.00000E-03,.026
421 DATA 315,4.50000E-03,.01838
423 DATA 400,3.50000E-03,.01436
450 END

READY
RUNNH

S= 250 L0=-.0256318 S1= 315 L=-.0106657
Q(M,1)= 75 L(M)=-.133255
Q(M,1)= 100 L(M)=-.121108
Q(M,1)= 135 L(M)=-.0580199
Q(M,1)= 180 L(M)=-.0369218
Q(M,1)= 240 L(M)=-.0186442
R(E,1)= 135 A(E)=-.076745
R(E,1)= 160 A(E)=-.0303686
R(E,1)= 180 A(E)=-.0439169
R(E,1)= 240 A(E)=-8.67807E-03
R(E,1)= 250 A(E)=-8.67807E-03
R(E,1)= 400 A(E)= .0302275


READY
```

Fig. 6. Programul de calcul al lungimii maxime a cablului armat pentru o pierdere de tensiune pe transformator şi cablul armat, constantă.

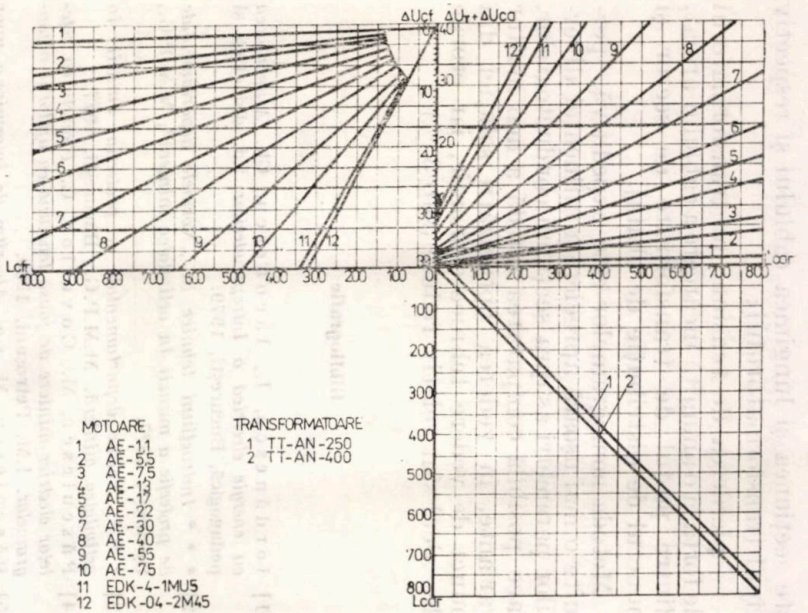



Fig. 7. Nomograme pentru calculul reţelelor electrice miniere de joasă tensiune în regim normal de lucru al motoarelor, în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria TT—AN.

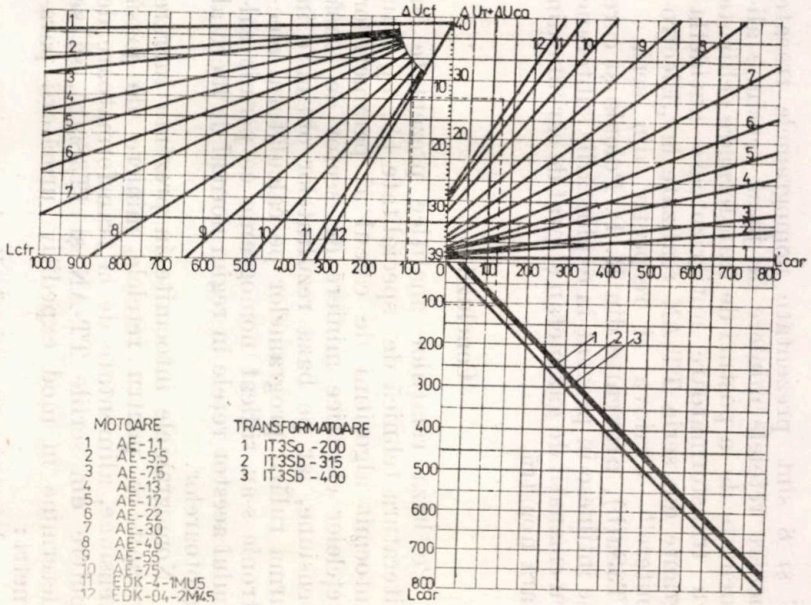



Fig. 8. Nomograme pentru calculul reţelelor electrice miniere de joasă tensiune în regim normal de lucru al motoarelor în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria IT3Sb(a).

7 și 8 sînt prezentate nomogramele trasate pentru rețelele miniere de joasă tensiune alimentate de la posturi de transformare echipate cu transformatoare antigrizutoase antideflagrante din seria TT-AN realizate la „Electroputere"— Craiova și respectiv din seria IT3Sa(b), provenite din R. P. Polonia și care se întîlnesc în prezent în exploatările subterane cu emanații de gaz metan și praf de cărbune din țara noastră.

### Concluzii

Pe baza relațiilor analitice prezentate în literatura tehnică de specialitate [1; 7], s-au întocmit algoritmi de calcul al parametrilor rețelelor electrice miniere de sector de joasă tensiune, iar pe baza rezultatelor obținute în urma rulării programelor pe calculatorul electronic s-au ridicat nomograme ce permit calculul acestor rețele în regim normal de lucru al motoarelor.

Nomogramele întocmite în prezenta lucrare permit ca pentru rețelele miniere de joasă tensiune, alimentate de la transformatoare de putere din seriile TT-AN și IT3Sa(b), să se determine în mod expeditiv următorii parametri:

— determinarea pierderii de tensiune pe cablul flexibil de alimentare a unui anumit utilaj electric din sector dacă se cunoaște secțiunea acestuia și puterea motorului de acționare;

— lungimea maximă admisă pentru cablul armat de o anumită secțiune, dacă se cunoaște secțiunea și lungimea cablului flexibil, pentru ca pierderea totală de tensiune să nu depășească o anumită valoare dată;

— suma pierderilor de tensiune pe cablul armat și transformatorul de forță, dacă se cunoaște secțiunea și lungimea cablului și respectiv tipul transformatorului;

— pierderea de tensiune pe transformatorul de forță la o anumită încărcare a cablului armat, dintre postul de transformare de sector și punctul de distribuție de abataj.

Metoda nomogramelor este expeditivă, permite o mai ușoară apreciere a influenței diverșilor parametri asupra secțiunii conductoarelor, face posibilă compararea rapidă a mai multor variante, în vederea optimizării soluției din punct de vedere tehnico-economic, iar erorile de calcul sînt relativ reduse (sub 3 %).

### Bibliografie


[1] Iordănescu, I., Iacobescu, Gh. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor* Ed. didactică și pedagogică, București, 1979.

[2] * * * *Instrucțiuni tehnice la „Normele departamentale de protecție a muncii în activitatea minieră"*, M.M.P.G., București, 1977.

[3] * * * *Norme departamentale de protecția muncii în activitatea minieră.* M.M.P.G., București, 1977.

[4] Păsculescu, M., Covaliov, C. *Proiectarea rețelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor.* I.M. Petroșani, 1980.

[5] Păsculescu, M. ș.a. *Algoritm de întocmire a unor nomograme pentru calculul rețelelor electrice miniere.* Lucrare prezentată la Simpozionul de comunicări tehnico-științifice, „Tehnici și tehnologii noi în exploatarea zăcămintelor de substanțe minerale utile", I.M. Petroșani, 12—13 decembrie 1980.

[6] Păsculescu, M., Feier, G. *Utilizarea calculatoarelor electronice la întocmirea unor nomograme pentru calculul rețelelor electrice miniere de joasă tensiune.* I.M. Petroșani, 1981.

[7] Sabatin, I. *Electrificarea minelor.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1964.

[8] Stepanescu, Gh. *Contribuții la optimizarea sistemelor electroenergetice miniere.* Teză de doctorat, I. M. Petroșani, 1978.


# Calculul dozării cianurii de sodiu și a oxidului de calciu în procesul de cianurare


Ing. **F. Ember** și tehn. **Irina Kalmar**
I.C.P.M.N. Baia Mare


Extragerea pe cale hidrometalurgică a aurului și argintului din minereurile și concentratele auro-argintifere are loc în procesul de cianurare prin acțiunea cianurii de sodiu în prezența oxidului de calciu. Controlul concentrațiilor acestor substanțe în soluție (leșie) se efectuează prin titrări volumetrice, iar menținerea concentrațiilor prescrise se realizează prin dozări cantitative calculate. La reglarea procesului tehnologic operațiile de titrare trebuie să fie rapide și precise, iar calculul de dozare să fie mai puțin laborios.

## I. Titrarea concentrațiilor de cianură de sodiu și oxid de calciu din soluție

În procesul de cianurare, prin titrare se controlează obișnuit concentrațiile de cianură de sodiu și oxid de calciu libere, metodica de lucru fiind cunoscută [1; 2; 3]. Titrarea cianurii libere se efectuează cu azotat de argint — metoda Liebig [4] —, iar titrarea oxidului de calciu liber se poate efectua cu acizii sulfuric, clorhidric sau, mai indicat, cu oxidul oxalic, soluții de concentrație cunoscută.

Titrarea ionilor $CN^-$ are loc după reacția:

$$2CN^- + Ag^+ = [Ag(CN)_2]^- \qquad (1)$$

cu apariția unei opalescențe galben-albăstrui, la epuizarea ionilor $CN^-$ în soluția titrată, datorită formării $Ag[Ag(CN)_2]$ și care indică sfîrșitul titrării.

Din reacția (1) rezultă că pentru titrarea a 2 molgram de cianură de sodiu (98,02 g) se consumă 1 molgram azotat de argint (169,89 g).

În procesul de titrare a oxidului de calciu liber are loc reacția:

$$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O + CaO + H_2O =$$

$$= CaC_2O_4 + 4H_2O \qquad (2)$$

Din reacția (2) rezultă că pentru titrarea a 1 molgram de oxid de calciu (56,08 g) se consumă 1 molgram de acid oxalic (126 ,07 g).

## II. Dozarea cianurii de sodiu și a oxidului de calciu

Dozarea acestor reactivi în procesul de cianurare se face prin calcul sau tabelar, în funcție de concentrațiile titrate, concentrațiile prescrise și cantitatea (volumul) soluțiilor de tratat în faza de condiționare, avînd în vedere consumarea continuă în proces a cianurii de sodiu și a oxidului de calciu.

Ținînd cont de aceste aspecte, în prezenta lucrare ne propunem stabilirea unei formule de calcul simple, precise și rapide, pentru dozarea cianurii de sodiu și a oxidului de calciu în procesul de cianurare.

În literatura de specialitate [5], pentru a exprima cantitățile de reactivi titrate în soluție, se utilizează formula:

$$A = \frac{mM}{nN} ZT, \text{g} \qquad (3)$$

în care:

$A$ este cantitatea de reactiv solid în soluția din proba pentru analiză, g;

$M$ — greutatea unui molgram din substanța de titrat, g;

$m$ — numărul de molgram consumat din substanța $M$;

$N$ — greutatea unui molgram din substanța de titrare, g;

$n$ — numărul de molgram consumat din substanța $N$;

$Z$ — volumul de substanță de titrare consumat, $cm^3$ soluție;

$T$ — titrul substanței de titrare, $g/cm^3$ soluție.

Dezavantajul acestei formule, pentru scopul propus în această lucrare, constă în faptul că stabilește cantitatea de reactiv solid conținut numai în proba supusă titrării. În continuare trebuie efectuate calcule pentru determinarea cantității totale de reactiv solid în cantitatea de soluție existentă în materialul supus cianurării, precum și a cantității diferență de adăugat pentru a satisface normele stabilite. Deoarece la cianurare concentrațiile de cianură de sodiu și oxid de calciu se urmăresc și exprimă, de obicei în procente, calculul prin formula (3), care trebuie să exprime și acest aspect, este mai laborios.

## III. Stabilirea unei formule de calcul pentru dozare

Stabilirea formulei pornește de la ecuația de bilanț:

$$\begin{matrix}\text{NaCN}\\ \text{CaO}\end{matrix}\left[\begin{matrix}\text{cantitate}\\ \text{dozată}\end{matrix}\right] = \begin{matrix}\text{NaCN}\\ \text{CaO}\end{matrix}\left[\begin{matrix}\text{cantitate}\\ \text{prescrisă}\end{matrix}\right] -$$

$$- \begin{matrix}\text{NaCN}\\ \text{CaO}\end{matrix}\left[\begin{matrix}\text{cantitate}\\ \text{titrată}\end{matrix}\right] \qquad (4)$$

Dacă se notează cu:

$X$ — cantitatea de soluție de reactiv proaspăt dozată;

$C$ — concentrația soluției proaspete dozate, %;

$Q$ — cantitatea de soluție tratată în proces;

$c$ — concentrația prescrisă a soluției de cianurare, %;

$c^*$ — concentrația titrată a soluției de cianurare, %;

formula (4) se scrie:

$$\frac{XC}{100} = \frac{Qc}{100} - \frac{Qc^*}{100},$$

sau:

$$X = \frac{Q}{C}(c - c^*) \qquad (5)$$

La titrare, valoarea $c^x$ este direct proporțională cu cantitățile de azotat de argint sau acid oxalic consumate, exprimate în $cm^3$. Avantajul acestei formule generale constă în aceea că dă posibilitatea ca în urma titrării să se dozeze direct cantitățile de reactivi necesare pentru a asigura în soluție concentrațiile de lucru prescrise.

Pentru a putea utiliza formula (5), valoarea $c^*$ trebuie exprimată prin volumul de soluție de titrare consumat și concentrația acesteia (titrul), iar pentru aceasta se pornește de la formula (3).

Obișnuit, pentru titrările probelor recoltate în procesul de cianurare se utilizează 25 g soluție. Dacă, în acest caz, pentru calcul se aplică formula (3) și se necesită exprimarea în procente (la 100 g soluție), atunci valoarea $A$ se multiplică de 4 ori, astfel.

1. *Titrarea cianurii de sodiu*

$$A = 4\frac{mM_{NaCN}}{nN_{AgNO_3}} \cdot Z_{AgNO_3} \cdot T_{AgNO_3} =$$

$$= 4\frac{2 \cdot 49{,}01}{1 \cdot 169{,}89} \cdot Z_{AgNO_3} \cdot T_{AgNO_3} =$$

$$= 2{,}3\, Z_{AgNO_3} \cdot T_{AgNO_3},\ \%$$

2. *Titrarea oxidului de calciu*

$$A = 4 \cdot \frac{mM_{CaO}}{nN_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}} \cdot Z_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} \cdot T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} =$$

$$= 4\frac{1 \cdot 56{,}08}{1 \cdot 126{,}07} \cdot Z_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} \cdot T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} =$$

$$= 1{,}78 \cdot Z_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} \cdot T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O},\ \%$$

Pentru a exprima, cu ușurință și precizie, variația concentrațiilor de cianură de sodiu și oxid de calciu din soluție, practica analitică a condus la adoptarea titrului reactivilor de titrare astfel ca $Z = 1$ cm³ de reactiv să exprime o concentrație de titrare de 0,01 %. Pentru satisfacerea condiției impuse, trebuie realizate următoarele titruri pentru soluțiile de titrare.

$$2{,}3 \cdot T_{AgNO_3} = 0{,}01\,\%; \quad T_{AgNO_3} = 0{,}00434\ \text{g/cm}^3.$$

$$1{,}78 \cdot T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = 0{,}01\ \%; \quad T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} =$$

$$= 0{,}0056\ \text{g/cm}^3$$

iar valoarea $c^*$, care acum este identică cu valoarea $A$ exprimată procentual, este:

— pentru dozare cianură de sodiu, $c^* = 0{,}01\, Z_{AgNO_3}$, %

— pentru dozare oxid de calciu, $c^* = 0{,}01\, Z_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}$, %

Utilizînd alternativ valorile $c$ în formula (5), se poate calcula rapid cantitatea de reactiv adăugat în cazul cînd se utilizează reactivul de titrare cu titru liber ales.

Astfel, formula (5) se scrie:

$$X = \frac{Q}{100\,C}(100\,c - Z) \qquad (6)$$

unde $Z$ reprezintă centimetri cubi consumați din reactivul de titrare (azotat de argint sau acid oxalic) cu titrul stabilit.

### IV. Utilizarea formulei la experimentări discontinue în cercetările de laborator

Formula (6) se poate aplica adoptînd notațiile:

$Q$ — cantitatea soluției de cianurare, g;
$Q = S$ (g solid) $\cdot n$ (diluția)

$C$ — concentrația soluției dozate (obișnuit 10 % calculat la substanța activă), %;

$c$ — concentrația prescrisă pentru soluția de cianurare, %.

$$X = \frac{S \cdot n}{10^3}(100\,c - Z),\ \text{g soluție} \qquad (7)$$

În acest caz, concentrația cianurii de sodiu sau oxidului de calciu în soluția de adăugat se va fixa astfel ca, prin adăugarea ei, valoarea $n$ să varieze nesemnificativ.

Pentru cazul cînd $S$ și $n$ sînt parametri constanți, relația (7) devine:

$$X = K\,(100\,c - z),\ \text{g soluție} \qquad (7.1)$$

Deoarece soluțiile dozate sînt foarte diluate, exprimarea se poate face și în centimetri cubi soluție dozată, ușurîndu-se astfel operațiile de lucru.

### V. Utilizarea formulei la procesele tehnologice continue din instalații pilot și industriale

La instalații pilot și industriale, cianurarea se efectuează în utilaje de volume mari, iar reactivii dozați se adaugă, în general, în formă solidă. În acest caz:

— valoarea $S$ se exprimă în t;

— valoarea $S \cdot n = Q$ se exprimă în t sau m³;

— valoarea $C$ se exprimă în procente și va reprezenta conținutul în substanță activă a reactivului solid dozat.

Valoarea $Q$ (cantitatea de lichid) este, în acest caz, o funcție a densității tulburelii de material tratat, astfel [6]:

greutatea lichidului = greutatea tulburelii — greutatea solidului conținut în tulbureală.

$$Q = V \cdot d - V(d - 1)\frac{\gamma}{\gamma - 1},\ \text{kg},$$

în care:

$V$ — volumul tulburelii tratate, dm³;

$d$ — greutatea specifică a tulburelii (densitatea), kg/dm³;

$\gamma$ — greutatea specifică a solidului tratat, kg/dm³.

Dacă se aplică $\frac{\gamma}{\gamma - 1} = k$ și se grupează termenii relației astfel ca să departajăm valoarea $V$, obținem:

$$Q = V\,[k + (1 - k)d] = V \cdot D \qquad (8)$$

în care factorul $D$, reprezentînd valoarea parantezei, poate fi calculat pentru un anumit material și o anumită densitate de lucru. Valorile coeficientului $D$ pentru diferite densități ale materialelor cianurate curent sînt date în tabelul 1. Coeficientul $D$ participă la calculul cantității de soluție prin reducerea proporțională a valorii $V$, valoarea lui fiind o funcție a densității tulburelii, respectiv a procentului cantitativ de solid conținut în tulbureală. Înlocuind corespunzător valorile $Q$ și $C$, formula (6) se exprimă astfel:

$$X = \frac{10^3 \cdot V \cdot D}{10^2 \cdot C}(100\,c - Z),\ \text{kg} \qquad (9)$$

*Tabelul 1*

**Valorile coeficientului $D$ pentru diferite densități ale materialelor cianurate curent**

| Densitate, g/l | $D$ minereu aurifer $\gamma = 2{,}7$ g/cm³ | $D$ concentrat piritos aurifer $\gamma = 4{,}5$ g/cm³ |
|---|---|---|
| 1 050 | 0,970 | 0,985 |
| 1 075 | 0,955 | 0,978 |
| 1 100 | 0,941 | 0,971 |
| 1 125 | 0,926 | 0,964 |
| 1 150 | 0,911 | 0,957 |
| 1 175 | 0,897 | 0,949 |
| 1 200 | 0,882 | 0,942 |
| 1 225 | 0,867 | 0,935 |
| 1 250 | 0,853 | 0,928 |
| 1 275 | 0,838 | 0,921 |
| 1 300 | 0,823 | 0,914 |
| 1 325 | 0,808 | 0,907 |
| 1 350 | 0,794 | 0,899 |
| 1 375 | 0,779 | 0,892 |
| 1 400 | 0,764 | 0,885 |
| 1 425 | 0,750 | 0,878 |
| 1 450 | 0,735 | 0,871 |
| 1 475 | 0,720 | 0,864 |
| 1 500 | 0,706 | 0,857 |
| 1 525 | 0,691 | 0,849 |
| 1 550 | 0,676 | 0,843 |
| 1 575 | 0,661 | 0,833 |
| 1 600 | 0,647 | 0,828 |
| 1 625 | 0,632 | 0,821 |
| 1 650 | 0,617 | 0,751 |
| 1 675 | 0,603 | 0,806 |
| 1 700 | — | 0,799 |
| 1 725 | — | 0,792 |
| 1 750 | — | 0,685 |
| 1 775 | — | 0,778 |
| 1 800 | — | 0,771 |
| 1 825 | — | 0,764 |
| 1 850 | — | 0,756 |
| 1 875 | — | 0,750 |
| 1 900 | — | 0,742 |
| 1 925 | — | 0,735 |
| 1 950 | — | 0,728 |
| 1 975 | — | 0,721 |
| 2 000 | — | 0,715 |

în care factorul de transformare $10^3$ permite exprimarea valorii $V$, în m³, și a valorii $X$, în kg, reactivii dozați în proces exprimîndu-se, de obicei, în această unitate de măsură.

$$X = 10\frac{V \cdot D}{C}(100\,c - Z),\ \text{kg} \qquad (9.1)$$

În procesele experimentale pilot se pot varia parametrii:

— coeficientul $D$ legat de densitatea tulburelii (solid conținut);

— concentrația $c$ legată de concentrația prescrisă de lucru, formula permițînd calculul rapid al dozelor în diferite condiții de lucru impuse.

În cadrul proceselor industriale în exploatare, parametrii $V$, $c$ și $D$ se mențin, în general, constanți și formula se simplifică:

$$X = K_1\,(K_2 - Z),\ \text{kg} \qquad (9.2)$$

arătînd că între valorile $Z$ determinate și cantitățile de reactivi adăugate există o dependență liniară inversă, reprezentată în graficul din figura 1.

Exprimarea grafică arată următoarele:

— dreapta 1 exprimă interdependența dintre parametrii de lucru, de referință ai procesului tehnologic. Adoptarea altor parametri de lucru conduce la obținerea pe grafic a dreptelor reprezentative respective;

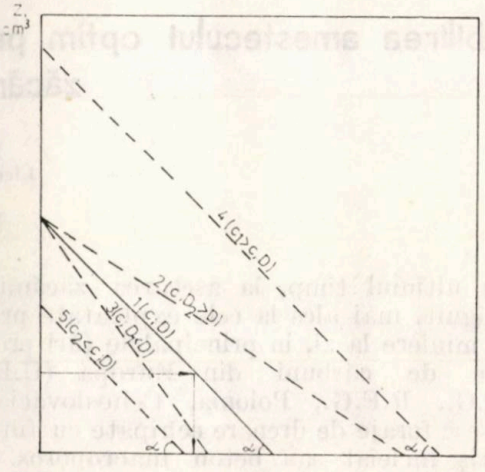



Fig. 1. Graficul teoretic al dozării, $X = f(Z)$

— dreptele 2 și 3, exprimînd scăderea, respectiv creșterea densității materialului tratat (creșterea și scăderea parametrului $D$) în raport cu dreapta 1, determină creșterea, respectiv scăderea cantității de reactiv adăugat;

— dreptele 4 și 5, ce exprimă creșterea, respectiv scăderea concentrației prescrise pentru reactivii din soluția de cianurare față de dreapta 1, sînt paralele cu dreapta 1, dar determină valori diferite pentru parametrii $Z$ și $X$.

*Observații*

● Formulele (7) și (9.1) se aplică în aceeași formă pentru calculul dozării cianurii de sodiu și oxidului de calciu dar rezultatele obținute vor fi diferite deoarece se utilizează reactivi de titrare diferiți, de concentrație diferită.

● În cazul în care conținutul în substanță activă a reactivilor solizi (cianură de sodiu și oxid de calciu) are alte valori decît 100 %, valoarea $C$, la aplicarea în formula (9.1), primește valoarea conținutului în substanță activă determinat în prealabil prin analize chimice.

● În cazul în care valoarea $Z \geqslant 100\ c$, concentrația titrată este egală sau depășește concentrația prescrisă, valoarea $X$ este egală cu zero sau este negativă și nu se dozează reactivi în proces.

## Concluzii

În scopul calculării rapide a cantităților de cianură de sodiu și a oxidului de calciu adăugate în procesul de cianurare, pentru menținerea concentrațiilor prescrise în soluții (leșii) s-a elaborat o formulă de calcul. În această formulă intră factorii ce influențează direct asupra variației concentrațiilor de lucru și care concură la calculul dozelor. În baza acestei formule se pot elabora rapid tabele de lucru, diagrame etc.

Formula elaborată a fost utilizată la calculul dozelor de cianură de sodiu și var în cadrul unor cercetări experimentale de cianurare a unui minereu auro-argentifer, respectiv a unui concentrat de pirită auro-argentiferă. Dozele calculate prin formula elaborată nu au diferit de cele calculate prin alte metode utilizate curent.

Formula poate fi luată în studiu și pentru adaptarea la dozajul altor reactivi în procesele hidrometalurgice în care, prin extragerea metalelor utile, procentul de solid tratat din tulbureli rămîne practic neschimbat.

### Bibliografie


[1] Hamilton, F. M. *Manual of cyanidation.* New York 1920

[2] Huber, P. I. *Manualul inginerului de mine, vol. VI,* Ed. tehnică, București, 1956

[3] Bodiu, A., Bodiu, I. *Cartea operatorului de la instalațiile de cianurare.* O.D.P.T., București, 1968.

[4] Liteanu, C. *Chimie analitică cantitativă. Volumetria.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1964.

[5] Liteanu, C. *Chimia analitică cantitativă.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1962.

[6] Dobrescu, L., Lăzărescu, I. *Noutăți și controlul fluxului tehnologic în prepararea substanțelor minerale utile.* Ed. tehnică, București, 1962.


# Stabilirea amestecului optim pentru filtre din pietriș încleiat la asecarea zăcămintelor de lignit


Prof. **Maria Enache,**
Liceul industrial Petroșani,
dr. geol. **C. Enache,**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova


În ultimul timp, la asecarea zăcămintelor de lignit, mai ales la cele exploatate prin lucrări miniere la zi, în principalele țări producătoare de cărbuni[1] din Europa (U.R.S.S., R.D.G., R.F.G., Polonia, Cehoslovacia), se folosesc foraje de drenare echipate cu filtre din pietriș încleiat sau beton macroporos. Înlocuirea filtrelor din pietriș turnat de la suprafață în spatele coloanei filtrante cu coloane filtrante echipate cu filtre din pietriș încleiat lipit pe burlane perforate, are marele avantaj de a fi uniforme și adecvate ca granulometrie.

Pentru introducerea acestei tehnologii la forajele de asecare pentru carierele de lignit din Oltenia, la Institutul de cercetări, inginerie tehnologică și proiectare minieră pentru lignit — I.C.I.T.P.M.L. Craiova s-au confecționat cîteva loturi experimentale de burlane perforate cu filtre din pietriș lipit cu rășini sintetice.

De asemenea, au fost experimentate cu succes și folosite în mod curent la I. M. Motru filtre penetrante din PVC cu manta din pietriș încleiat pentru mărirea capacității de admisie.

O problemă deosebită în construcția acestor tipuri de tuburi filtrante cu pietriș încleiat cu rășini sintetice o constituie stabilirea amestecului optim de pietriș și rășină, astfel încît să se obțină porozitatea corespunzătoare.

Pentru rezolvarea acestei probleme am recurs la experiențe programate după anumite criterii statistico-matematice pentru ca, printr-un număr mic de încercări, să se ajungă la optimizarea amestecului.

Experimentele statistice programate permit să se arate simultan toate elementele procesului, efectul fiecăruia putînd fi determinat izolat. De asemenea, interacțiunile pot fi evaluate cantitativ.

Etapele necesare aplicării unui program de experienţe, organizate statistic, pot fi sintetizate astfel.

1. Alegerea variabilelor statistice; în cazul nostru acestea sînt: pietriş şi clei (răşină + întăritor).

2. Selecţionarea intervalelor de variaţie permise tehnologic; în cazul acesta ele sînt 0 şi 100 % — raportul dintre cantitatea de pietriş şi cantitatea de clei (răşină + întăritor).

3. Alegerea în aceste intervale a unor puncte discrete experimentale, importante pentru evaluarea variabilelor. De regulă se alege un nivel inferior şi unul superior, situate la distanţă egală de un nivel central considerat drept mediu. Mulţimea nivelelor experimentale formează matricea de programare; în cazul de faţă s-a studiat variaţia porozităţii amestecului funcţie de raportul dintre cantitatea de pietriş şi de clei.

4. Efectuarea unor experienţe de control în ordine întîmplătoare.

5. Determinarea erorii experimentale.

6. Analiza statistică a datelor rezultate din experimentări şi dezvoltarea unor relaţii funcţionale între variabilele independente şi cele dependente.

7. Interpretarea sensului tehnologic al rezultatelor analizei statistico-matematice.

Deoarece pentru stabilirea amestecului optim de pietriş şi răşină + întăritor la filtrele încleiate avem de-a face cu o singură variabilă dependentă — porozitatea amestecului —, în cele ce urmează ne vom referi mai întîi la elementele matematice ale modelării empirice pentru modele cu o singură variabilă.

Problema se referă la un singur sort de pietriş, în cazul nostru de 2—3 mm.

S-a procedat mai întîi la determinarea porozităţii pietrişului fără amestec, respectiv a porozităţii naturale a pietrişului.

S-au efectuat şapte determinări care au dat următoarele rezultate:

| nr. determinare | porozitate, % |
|---|---|
| 1 | 29,8 |
| 2 | 30,4 |
| 3 | 30,1 |
| 4 | 29,7 |
| 5 | 30,0 |
| 6 | 30,2 |
| 7 | 29,9 |
| media | 30,01 |

Rezultă deci că pragul maxim al porozităţii nu poate depăşi 30 % porozitate naturală a pietrişului.

S-au executat apoi două serii de experimentări cu un adaos de 10 % şi respectiv 20 % clei, executîndu-se pentru fiecare amestec tot cîte şapte determinări de porozitate, obţinîndu-se următoarele valori:

| Nr. determinare | amestec 10 % clei | amestec 20 % clei |
|---|---|---|
| | porozitate, % | porozitate, % |
| 1 | 15,00 | 0,20 |
| 2 | 14,30 | 0,10 |
| 3 | 13,90 | 0,10 |
| 4 | 15,20 | 0,00 |
| 5 | 15,50 | 0,10 |
| 6 | 14,80 | 0,00 |
| 7 | 14,60 | 0,00 |
| media | 14,75 | 0,07 |

Din aceste două seturi de experimentări au rezultat valorile medii la mijlocul intervalului şi la pragul inferior.

Problema constă în căutarea unei relaţii formale între o variabilă independentă $x$ (în cazul nostru cantitatea de clei raportată la cantitatea de pietriş, pentru a se obţine porozitatea dorită, funcţie de caracteristicile forajului de drenare) şi o variabilă dependentă $y$ (în cazul nostru porozitatea rezultată din amestec).

Din experimentările descrise au rezultat trei perechi de valori care definesc pragul superior, pragul inferior şi mijlocul intervalului dintre ele.

| | $x_i$ | $y_i$ |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 30,01 |
| 2 | 10 | 14,75 |
| 3 | 20 | 0,07 |

Reprezentarea grafică a acestor rezultate arată o dependenţă liniară de forma:

$$y' = a + bx \qquad (1)$$

unde $y'$ este valoarea estimată pentru porozitate, funcţie de cantitatea de clei ($x$).

Coeficienţii $a$ şi $b$ se determină prin metoda celor mai mici pătrate pentru fiecare experiment $i$ cu relaţia:

$$y'_i = a + b \cdot x_i + \varepsilon \qquad (2)$$

în care $\varepsilon$ = abaterea.

Suma pătratelor abaterilor faţă de linia de regresie este:

$$S = \varepsilon = \Sigma (y'_i + a + b \cdot x_j)^2 \qquad (3)$$

Înlocuind în relaţia (1) valorile numerice obţinute din experimentări s-au obţinut con-

stantele ecuației de dependență empirică a porozității amestecului pietriș + clei, funcție de raportul cantitativ (în greutate) clei —pietriș :

$$b = -1{,}5$$

$$a = 30 \qquad (4)$$

și prin înlocuirea lui $a$ și $b$ în relația (1), ecuația respectivă :

$$y' = 30 - 1{,}5\,x \qquad (5)$$

Pentru verificarea veridicității modelului stabilit (dependență liniară), s-a efectuat o a doua serie de experimentări, luîndu-se raporturi de amestec întîmplătoare. Rezultatele obținute, aranjate în ordine crescătoare a valorilor lui $x_i$, comparate cu cele obținute prin aplicarea ecuației de corelație empirică (5), sînt următoarele :

| Nr. crt. | $x_i$ | $y_i$ | $y'_i$ | $y_i - y'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 27,22 | 25,5 | 1,72 |
| 2 | 5 | 21,74 | 22,5 | 0,76 |
| 3 | 9 | 17,29 | 16,5 | 0,79 |
| 4 | 10 | 14,61 | 15,0 | −0,39 |
| 5 | 12 | 11,71 | 12,0 | −0,29 |
| 6 | 16 | 6,84 | 6,0 | 0,84 |
| 7 | 17 | 4,69 | 4,5 | 0,19 |
| 8 | 18 | 2,46 | 3,0 | −0,54 |
| 9 | 19 | 1,73 | 1,5 | 0,23 |
| 10 | 20 | 0,42 | 0,0 | 0,42 |

S-au notat cu $x_i$ respectiv $y_i$ valorile celui de-al doilea lot experimental și cu $y'_i$ valorile rezultate din ecuația (6), iar cu $y_i - y'_i$, diferența dintre ele.

Pentru a putea atribui o măsură preciziei liniei de regresie se consideră identitatea :

$$y_i - y'_i = y_i - \bar{y} - (y'_i - \bar{y}) \qquad (6)$$

Ridicînd la pătrat ambii membri și însumînd, se obține :

$$\Sigma(y_i - y'_i)^2 = \Sigma\{(y_i - \bar{y}) - (\bar{y}'_i - \bar{y})\}^2 =$$
$$= \Sigma\{(y_i - \bar{y})^2 + (y'_i - \bar{y})^2 - 2(y_i - \bar{y})(y'_i - \bar{y})\} =$$
$$= \Sigma(y_i - \bar{y})^2 + \Sigma(y_i - \bar{y})^2 - 2\Sigma(y_i - \bar{y})(y'_i - \bar{y}) \qquad (7)$$

Al treilea termen din membrul drept poate fi scris :

$$-2\Sigma(y_i - \bar{y})\,b(x_i - \bar{x}) = 2b_1\Sigma(y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x}) =$$
$$= 2b_1^2\,\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = -2\Sigma\,(y_i - \bar{y})^2$$

Astfel :

$$\Sigma(y_i - y'_i)^2 = \Sigma(y_i - \bar{y})^2 - \Sigma(y'_i - \bar{y})^2 \qquad (8)$$

în care :

$\Sigma\,(y_i - \bar{y})^2$ — suma pătratelor abaterilor față de medie, $SP_{am}$ ;

$\Sigma(y_i - y'_i)^2$ — suma pătratelor abaterilor observațiilor față de regresie — rezidual, $SP_{rz}$ ;

$\Sigma(y'_i - \bar{y})^2$ — suma pătratelor abaterilor regresiei față de medie, $SP_{rg}$.

## Concluzii

● Programarea statistico-matematică a experiențelor în care se urmărește optimizarea unui amestec permite atingerea acestui scop printr-un număr minim de încercări.

● Experiențele programate, executate pentru stabilirea amestecului pietriș-clei la filtrele cu pietriș încleiat necesare în asecarea zăcămintelor de lignit din Oltenia, evidențiază posibilitatea stabilirii, chiar și pe șantier, a amestecului optim.

● Pentru filtrele penetrante din PVC cu manta filtrantă s-a stabilit că, în condițiile specifice nisipurilor acvifere din bazinul Motru, se pot obține, cu un singur sort de pietriș (2—3 mm), filtre penetrante cu porozități între 1,5—20,5 %, care acoperă toată gama de porozități necesare în asecarea subterană prin filtre penetrante din acest bazin.

# Caracteristici calitative, zone de perspectivă şi posibilităţi de valorificare a tufurilor vulcanice din România

Ing. geol. R. Cosma
Universitatea Bucureşti

## I. Extinderea tufurilor vulcanice în formaţiunile geologice din România

Activitatea vulcanismului subsecvent alpin, marcată prin trei etape paroxismale, cu evoluţie preponderent explozivă, a generat cantităţi mari de cenuşi vulcanice care, prin sedimentare şi diagenizare, au dat naştere tufurilor vulcanice.

Tufurile vulcanice au o largă dezvoltare în cadrul formaţiunilor miocene, identificîndu-se în următoarele unităţi geologice majore: Carpaţii Orientali (Compartimentul Perşani, Unitatea de Tarcău şi Avanfosa carpatică), Carpaţii Meridionali (Depresiunea getică şi Depresiunea Streiului), precum şi în depresiunile intramontane ale Transilvaniei, Silvaniei şi Sighetului.

Din punct de vedere stratigrafic, au fost puse în evidenţă tufuri vulcanice în formaţiunile miocene şi pliocene.

Cea mai mare importanţă, atît ca extindere, cît şi sub aspectul prezenţei zeoliţilor, o au tufurile din baza tortonianului (badenian, pro parte), cunoscute sub denumirea de „orizontul tufului de Dej" (Depresiunea Transilvaniei), „tuf de Perşani" (Compartimentul Perşani), „tuf de Slănic" (Unitatea de Tarcău) sau „orizontul tufurilor cu globigerine" (Avanfosa carpatică, Depresiunea getică, Depreiunea Sighetului). Grosimea acestui orizont variază de la o zonă la alta, fiind cuprinsă între 5 şi 200 m, stratele de tuf avînd 0,1—40 m.

Tufurile vulcanice post-badeniene au o extindere redusă, grosimi mici şi conţinuturi scăzute în zeoliţi, cu excepţia tufurilor de Borşa-Iclod şi de Ghiriş din Depresiunea Transilvaniei.

## II. Caracteristici calitative ale tufurilor vulcanice din România

### 1. *Caracterizarea petrografico-mineralogică*

Tufurile prezintă variaţii litofaciale importante în ceea ce priveşte culoarea, structura şi textura rocii. Nivelele grosiere (litoclastice) reprezintă materialul cineritic depus imediat după explozia vulcanică, în timp ce nivelele fine (vitroclastice) corespund fazei finale a sedimentării cenuşilor vulcanice. Alternanţa tufurilor grosiere şi a celor fine demonstrează caracterul pulsatoriu al activităţii vulcanice explozive [10].

Tufurile grosiere sînt cenuşiu-gălbui sau cenuşiu-albicioase, în timp ce tufurile fine au culoarea cenuşiu-verzuie sau verzuie în nuanţe deschise.

În afara tufurilor propriu-zise, au mai fost puse în evidenţă tufite în Avanfosa carpatică şi tufite calcaroase în depresiunile getică şi Silvaniei.

Tufurile analizate (tab. 1) sînt constituite dintr-o masă de bază în care sînt prinse fragmente de minerale şi roci, reprezentate prin: cuarţ, feldspaţi, biotit, muscovit, hornblendă, epidot, clorit, calcit, cuarţite şi dacite.

Masa de bază, iniţial alcătuită din sticlă vulcanică, a fost transformată parţial sau integral în zeoliţi, calcit, sericit, seladonit sau minerale argiloase. Zeoliţii sînt reprezentaţi prin clinoptilolit, heulandit, mordenit, phillipsit, laumontit, desmin şi analcim [5].

### 2. *Compoziţia chimică*

Variaţia compoziţiei chimice a tufurilor (tab. 2) este consecinţa proceselor de sedimentare, diagenetice şi epigenetice (zeolitizare, argilizare, calcitizare, seladonitizare). Astfel se explică conţinuturile ridicate în oxizii de Si, Al şi Ca.

Ponderea ridicată a oxidului de potasiu în unele probe se explică prin zeolitizarea sticlei vulcanice, proces în timpul căruia are loc o îmbogăţire în acest element.

Analiza cationilor schimbabili ai tufurilor de la Racoşul de Jos, Slănic, Codor, Cornești şi Jichişul de Jos a scos în evidenţă capacitatea de schimb cationic ridicată ($T_{NH_4}$ = 132,96 — — 180,86 m.e.) a acestor roci, precum şi ponderea însemnată a potasiului schimbabil ($V_k$ = 13,65 — 44,36 %), confirmînd prezenţa zeoliţilor.

### 3. *Parametrii fizico-mecanici*

În funcţie de valorile caracteristicilor fizico-mecanice (tab. 3), tufurile analizate se definesc drept roci uşoare, absorbante, poroase, cu rezistenţe slabe sau mijlocii la compresiune, puţin rezistente la şoc mecanic, nerezistente la îngheţ-dezgheţ.

Această caracterizare se datoreşte metodologiei de executare a analizelor de laborator, probele fiind încercate după ce au fost uscate la 105°C, cînd în procesul de absorbţie — datorită prezenţei zeoliţilor — apar tensiuni interne care conduc la deteriorarea epruvetelor şi slăbirea rezistenţei rocii.

Practica construcţiilor din Depresiunea Transilvaniei demonstrează însă că tufurile gro-

*Tabelul 1*

**Compoziția mineralogică a tufurilor vulcanice din România**

| Unitatea geologică | Numărul probelor analizate | Componenți mineralogici, % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | cuarț | feldspați | biotit | muscovit | calcit | masa de bază | zeoliți | |
| | | | | | | | | microscopic | roentgen |
| Compartimentul Perșani | 138 | 1—6 | 0—10 | 0—2 | 0—1 | 0— 5 | 84—99 | 30— 82 | 43—87 |
| Unitatea de Tarcău | 23 | 0—3 | 0— 8 | 0—1 | 0—1 | 0—15 | 79—100 | 0—63 | 0—95 |
| Avanfosa carpatică | 29 | 0—2 | 0—20 | 0—2 | 0—2 | 0—40 | 57—98 | 0—56 | 0—60 |
| Depresiunea getică | 25 | 0—2 | 0— 3 | 0—3 | 0—2 | 1—50 | 55—99 | 0 | 0 |
| Depresiunea Streiului | 17 | 0—2 | 0— 1 | 0—1 | 0—1 | 0— 6 | 93—100 | 0 | 0 |
| Depresiunea Transilvaniei | 237 | 0—7 | 0—20 | 0—1 | 0—1 | 0—16 | 72—100 | 5—84 | 23—90 |
| Depresiunea Silvaniei | 18 | 0—20 | 0—15 | 0—1 | 0—1 | 0—45 | 55—100 | 0—69 | 0—70 |
| Depresiunea Sighetului | 21 | 1—10 | 1— 6 | 0—1 | 0—1 | 0— 4 | 79—99 | 29—80 | 45—80 |

*Tabelul 2*

**Compoziția chimică a tufurilor vulcanice din România**

| Unitatea geologică | Numărul probelor analizate | Constituenți chimici, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ |
| Compartimentul Perșani | 19 | 61,26—69,72 | 7,08—16,51 | 1,81— 3,83 | 0,40—0,95 | 1,12—3,26 | 0,91—2,80 |
| Unitatea de Tarcău | 7 | 63,78—68,05 | 9,30—13,10 | 2,80— 5,39 | 0,97—1,50 | 1,37—2,89 | 0,18—2,85 |
| Avanfosa carpatică | 14 | 62,78—67,70 | 11,60—14,56 | 1,97— 4,62 | 0,35—2,05 | 1,17—2,84 | 1,32—4,37 |
| Depresiunea getică | 7 | 45,00—69,60 | 8,32—14,60 | 1,10—11,93 | 0,82—7,00 | 1,15—2,80 | 1,66—3,13 |
| Depresiunea Streiului | 4 | 56,20—71,02 | 11,89—25,02 | 1,05— 2,19 | 0,11—0,66 | 1,55—4,38 | 0,35—2,30 |
| Depresiunea Transilvaniei | 28 | 56,94—70,70 | 10,04—21,38 | 1,19— 3,99 | 0,30—0,96 | 0,91—1,87 | 0,60—3,70 |
| Depresiunea Silvaniei | 5 | 66,26—71,10 | 6,23—11,54 | 1,54— 4,84 | 0,78—1,74 | 2,17—3,15 | 0,29—1,72 |
| Depresiunea Sighetului | 8 | 63,94—68,62 | 6,98—15,96 | 2,10— 4,06 | 0,80—1,04 | 0,36—2,35 | 0,63—1,45 |

*Tabelul 3*

**Parametrii fizico-mecanici ai tufurilor vulcanice din România**

| Parametrii fizico-mecanici | | Unitatea geologică | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Compartimentul Perșani | Unitatea de Tarcău | Depresiunea Transilvaniei | Depresiunea Silvaniei | Depresiunea Sighetului |
| Densitatea, | g/cm³ | 2,100— 2,345 | 2,198— 2,293 | 2,209— 2,538 | 2,211— 2,253 | 2,363— 2,366 |
| Densitatea aparentă, | g/cm³ | 1,770— 2,178 | 1,772— 1,875 | 1,394— 1,895 | 1,580— 2,224 | 1,966— 1,974 |
| Compactitatea, | % | 70,53 —86,28 | 79,36 —81,77 | 59,02 —77,41 | 71,46 —89,87 | 83,18 —83,62 |
| Porozitatea, | % | 15,16— 22,35 | 18,23 —20,64 | 22,59 —40,93 | 10,13 —28,54 | 16,38 —16,82 |
| Porozitatea aparentă, | % | 3,00 —12,76 | 12,30 —17,72 | 9,70 —27,93 | 6,21 —24,27 | 11,84 —12,95 |
| Absorbția de apă la presiuni și temperaturi normale, | % | 1,40 — 6,75 | 6,75 —10,00 | 5,59 —20,04 | 2,77 —15,36 | 5,99 — 6,58 |
| Coeficient de gelivitate, | % | 0 — 2,40 | 0 — 4,53 | 0 — 3,26 | 0 — 3,62 | 15,90 —19,15 |
| Rezistența la compresiune, | N/mm² | | | | | |
| — în stare uscată | | 490—1 270 | 940—1 140 | 130—520 | 520—900 | 1 110—1 260 |
| — în stare saturată | | 360— 690 | 610— 670 | 60—360 | 240—550 | 580— 610 |
| — după îngheț-dezgheț | | 280— 530 | 520— 540 | 50—290 | 200—540 | 450— 480 |
| Coeficientul de înmuiere după îngheț- dezgheț, | % | 30,81 —58,33 | 42,55 —54,38 | 31,25 —61,54 | 12,90 —50,00 | 59,46 —61,90 |
| Rezistența la șoc mecanic, | Nmm/mm³ | 15—53 | 30—45 | 6—27 | 18—34 | 27—37 |
| Rezistența la uzură, | g/cm² | 0,463— 0,609 | 0,660— 0,851 | 0,487— 0,808 | 0,663— 0,999 | 0,775— 0,862 |

siere pot fi utilizate ca material de construcție. Astfel, clădiri vechi construite din tuf de Dej — bisericile din Sic (1241), Bistrița (1610), Gherla (1712) ș.a. —, cu toată expunerea îndelungată la intemperii, se păstrează foarte bine.

De asemenea, în multe localități din județele Cluj și Bistrița-Năsăud, 20—60 % din locuințe sînt construite din blocuri de tuf.

## III. Zone de perspectivă ale tufurilor vulcanice din România

Studiile de sinteză (Mocanu ș.a., 1979) efectuate în toate perimetrele de dezvoltare a tufurilor vulcanice miocene au pus în evidență 25 de zone de perspectivă (tab. 4).

Stabilirea zonelor de perspectivă s-a făcut luîndu-se în considerare următorii factori:

— grosimea tufurilor vulcanice;

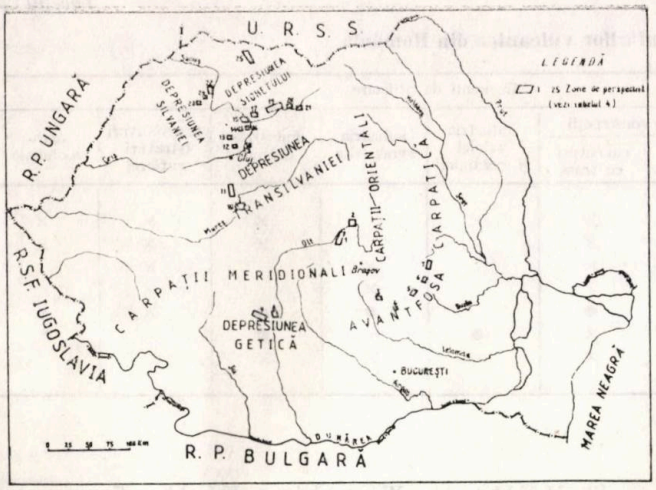



Fig. 1. Localizarea zonelor de perspectivă a tufurilor vulcanice din România.

— grosimea rocilor acoperitoare, precum și a intercalațiilor marnoase sau argiloase;
— posibilitățile de acces în zonă;
— posibilitățile de exploatare (extinderea sau deschiderea unor cariere);
— caracteristicile calitative ale tufurilor, în mod deosebit conținutul în zeoliți;
— domeniile de utilizare identificate prin cercetări tehnologice;
— amplasarea exploatărilor în toate regiunile cu tufuri vulcanice din țară.

Astfel, au fost identificate 25 de zone de perspectivă, localizate în 7 unități geologice din 10 județe ale țării. Județe cu un potențial însemnat în privința rezervelor de tufuri vulcanice sînt: Cluj, Sălaj, Bistrița-Năsăud, Maramureș, Brașov, Prahova, Vîlcea, Vrancea și Covasna.

## IV. Posibilități de valorificare a tufurilor vulcanice din România

Prezența, în procente ridicate, a zeoliților conferă tufurilor proprietatea de schimbător natural de cationi, proprietate care a stat la baza identificării a noi posibilități de utilizare a acestor roci.

Cercetări tehnologice în fază laborator, pilot sau industrială pentru stabilirea domeniilor de utilizare a tufurilor vulcanice au fost efectuate de către Institutul de cercetări și proiectări miniere pentru substanțe nemetalifere Cluj-Napoca, în colaborare cu numeroase unități productive și de cercetare din România, în perioada 1976—1979 (Fodor ș.a., 1979).

Pînă în prezent au fost identificate 28 posibilități de valorificare a tufurilor în următoarele domenii: industria chimică, materiale de construcții, sticlă și ceramică fină, hîrtie, abrazivi, transporturi și agrozootehnie. Tufurile lipsite

*Tabelul 4*

**Zone de perspectivă ale tufurilor vulcanice din România**

| Unitatea geologică | Zone de perspectivă | Județul | Conținut în zeoliți, % |
|---|---|---|---|
| Compartimentul Perșani | 1. Sinca-Grind-Perșani | Brașov | 47—75 |
| | 2. Racoș-Vîrghiș | Brașov și Covasna | 43—87 |
| Unitatea de Tarcău | 3. Slănic | Prahova | 60—80 |
| Avanfosa carpatică | 4. Apostolache | Prahova | 0 |
| | 5. v. Zăbala-d. Negru | Vrancea | 0—60 |
| | 6. Andreiașu—Titila | Vrancea | 0—60 |
| | 7. Fărcașa—Reghiu | Vrancea | 0—60 |
| Depresiunea Getică | 8. Ocnele Mari | Vîlcea | 0 |
| | 9. Govora—Gătejești | Vîlcea | 0 |
| Depresiunea Transilvaniei | 10. Hădăreni—Viișoara | Cluj și Mureș | 0—36 |
| | 11. Măhăceni—Ciugundu de Jos | Cluj | 0—36 |
| | 12. Dăbîca—Pîglișa | Cluj | 10—73 |
| | 13. Tioc—Cornești | Cluj | 18—67 |
| | 14. Aluniș | Cluj | 10—77 |
| | 15. Codor—Jichișu de Sus | Cluj | 20—74 |
| | 16. Orman | Cluj | 34—83 |
| | 17. Cășeiu—Cuzdrioara | Cluj | 53—78 |
| | 18. Apahida | Cluj | 49—82 |
| | 19. Ilișua—Dumbrăvița | Bistrița Năsăud | 40—90 |
| | 20. Nimigea—Dumitra | Bistrița Năsăud | 35—85 |
| | 21. Slătiuța—Bistrița Bîrgăului | Bistrița Năsăud | 35—80 |
| Depresiunea Silvaniei | 22. Mirșid | Sălaj | 10—70 |
| | 23. Bocșa—Borla | Sălaj | 0—20 |
| | 24. Chilioara—Coșeiu | Sălaj | 0—20 |
| Depresiunea Sighetului | 25. Bîrsana—v. Morii—Văleni | Maramureș | 29—80 |

de zeoliți pot fi utilizate în industria materialelor de construcții și în transporturi.

Cercetările tehnologice s-au efectuat pe tufuri din depresiunile Transilvaniei și Silvaniei, în special pe cele din perimetrele Pîglișa (județul Cluj) și Mirșid (județul Sălaj).

Avînd în vedere necesitatea valorificării superioare a tufurilor vulcanice din întreaga țară, pe baza parametrilor calitativi determinați (tab. 1, 2, 3), se propun domenii de utilizarea pentru fiecare unitate geologică în parte (tab. 5). Aceste propuneri au un caracter orientativ, cercetările tehnologice ulterioare urmînd să le confirme și să identifice noi domenii de utilizare.

*Tabelul 5*

**Posibilităţi de valorificare a tufurilor vulcanice din România**

| Unitatea geologică | Domenii de utilizare | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | industria materialelor de construcţii | | | industria sticlei şi ceramicii | industria abrazivilor | industria chimică | transporturi (straturi rutiere) | agro-zootehnie |
| | piatră naturală | betoane uşoare | cimenturi cu trass | | | | | |
| Compartimentul Perşani | × | × | × | × | | × | × | × |
| Unitatea de Tarcău | | × | × | | | × | × | × |
| Avanfosa carpatică | | × | × | | × | | × | |
| Depresiunea getică | | × | × | | × | | × | |
| Depresiunea Transilvaniei | ● | × | ● | | ● | ● | × | ● |
| Depresiunea Silvaniei | | × | × | ● | | ● | × | × |
| Depresiunea Sighetului | | | × | × | × | × | | × |

● domenii de utilizare identificate prin studii tehnologice
× domenii de utilizare propuse pe baza parametrilor calitativi

**Bibliografie**


[1] Atanasiu, I. *Cineritele din neogenul românesc şi vîrsta erupţiilor vulcanice corespunzătoare.* An. Com. Geol., XXV, 1953, Bucureşti.

[2] Caraman, V. *Studiul complex al Tortonianului din partea de nord-vest a Bazinului Transilvaniei, cu privire specială asupra posibilităţilor de utilizare a tufurilor vulcanice.* Teză de doctorat, 1976, Universitatea din Bucureşti.

[3] Cosma, R. Raport. *Prospecţiuni însoţite de foraje, studii şi sinteze pentru tufuri vulcanice în perimetrul Dej—Iclod, judeţul Cluj.* 1980. Arhiva I.G.P.S.M.S., Bucureşti.

[4] Cosma, R. *Posibilităţi de valorificare a substanţelor minerale utile din partea nordică a munţilor Perşani.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 8, 1981, Bucureşti.

[5] Cosma, R. ş.a. *Zeolitic volcanic tuffs of Romania* (sub tipar). Comunicare la Congr. al XII-lea al Asoc. Geol. Carp. — Balc., Bucureşti, 1981.

[6] Fodor, I. ş.a. *Cercetări de valorificare a tufurilor vulcanice din R.S.R.* Simpozion I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca, 1979.

[7] Hay, R. L. *Geological occurrence of zeolites.* Conference „Zeolite '76", Tucson, 1976.

[8] Höller, H., Wirsching Ulrike *Experimental formation of zeolites by hydrothermal alteration of volcanic glasses.* Conference „Zeolite '76", Tucson, 1976.

[9] Istrate, G. *The nature and composition of Romanian zeolites.* An. Inst. Geol. Geofiz., LVI. Bucureşti, 1980.

[10] Mârza, I. *Recherches pétrographiques sur le tuf de Dej du Nord du Bassin de Transylvanie.* Bull. Volc. XXXVII, 4, Napoli, 1974.

[11] Mocanu, Gh. ş.a. *Sinteza lucrărilor geologice pentru tufurile vulcanice din R. S. România, cu privire specială asupra zeoliţilor.* Raport-sinteză, arhiva I.G.P.S.M.S., Bucureşti, 1979.

[12] Popescu Florica, Codarcea Venera, Asvadurov, H. *Mineralogical composition of some tuffaceous deposits rich in exchangeable potassium* I.G.G. St. tehn. econ. Ser. I, 13, Bucureşti, 1975.

[13] Popescu Florica, Asvadurov, H. *La clinoptilolite dans les tufs de Transylvanie.* I.G.G., St. tehn. econ., Ser. I, 14, Bucureşti, 1978.

[14] Read, P. B., Eisbacher, G. H. *Regional zeolite alternation of the Sustut Group, north- central British Columbia.* Canadian Mineralogist, 12/7, Otawa, 1974.

[15] Sheppard, R. A., Gude, Al. J. *Zeolites and associated authigenic silicate minerals in tuffaceous rocks of the Big Sandy Formation, Mohave County, Arizona,* Geological survey professional paper, 830, Washington, 1973.


# Proprietăţi fizico-chimice ale unor dolomite triasice din zona centrală a Platformei moesice


Prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**
Institutul de petrol şi gaze Ploieşti


Alcătuirea micro şi macrostructurală a dolomitelor triasice, unele din ele colectoare petrolifere, ar putea reţine atenţia asupra influenţei lor în procesul de formare şi în cel de exploatare a zăcămintelor de hidrocarburi fluide. Subordonat acestui scop, în lucrarea de faţă se analizează compoziţia chimică, alcătuirea chimico-mineralogică şi structura spaţiului poros-fisurat-permeabil al carotelor extrase (tab. 1) din structurile geologice Oporelu, Ciureşti şi Butimanu.

Analiza chimico-spectrală semicantitativă de emisie a permis [7] să se redea în tabelul 1 prezenţa, în gama de participare menţionată, a 24 de elemente chimice, din care grupul Ca, Mg şi Fe pun în evidenţă prezenţa predominantă a structurilor dolomitice în alcătuirea carotelor analizate. $Sr^{2+}$, substituindu-se cu $Ca^{2+}$ şi $Mn^{2+}$ cu $Fe^{2+}$ [8; 14], resubliniază predominarea netă a structurilor dolomitice. Participarea mai ridicată a Fe în carotele 1, 8, 12 atrage atenţia [2; 5; 8] asupra prezenţei în aceste carote a ankeritului. Aluminiul are o participare în

gama 3—10 % iar siliciul 1—3 %, ilustrînd prin aceasta pe de o parte prezența aluminosilicaților în mediul solid analizat, iar pe de altă parte, gama de participare a siliciului, pune în evidență lipsa silicei, întîlnită în procente însemnate (15—20 %)) în calcarele albiene ale zonei cercetate [8]. Participarea aluminiului atrage cu sine și prezența litiului și galiului, cu care se substituie în rețelele cristaline, iar siliciul antrenează borul și beriliul, cu care are relații de substituire [8 ; 9 ; 14]. Dacă Cu, Pb, Co au o participare și în cadrul carbonaților, celelalte elemente chimice din tabelul 1 sînt asociate doar cu argilele [1 ; 8 ; 9 ; 11 ; 14]. Dintre argile ar putea fi prezente, în primul rînd, cloritele, pentru participarea însemnată a Mg și Fe, illitul, pentru prezența K, și montmorillonitele indicate de celelalte elemente chimice din tabelul 1.

Datele analizei chimico-spectrale diferențiază carotele luate în studiu, atît prin prisma elementelor chimice de participare majoră, cît și prin cea a elementelor chimice de participare redusă, consecință a influenței funcțiilor de loc și timp în formarea mediului solid [14 ; 15]. Analiza chimico-spectrală pune în evidență și prezența mineralelor argiloase în alcătuirea carotelor cercetate, în cantitate mai ridicată în carotele 1, 3, 4, 8, 11, participarea predominantă revine însă carbonaților.

Analizînd unele carote, selectate din tabelul 1, prin intermediul difracției razelor X, s-au obținut difractogramele menționate în figura 1. Interpretarea difractogramelor de raze X [1 ; 3 ; 5 ; 8 ; 9 ; 11 ; 14 ; 15 ; 17] ne permite să formulăm în continuare.

*Difractograma 1* prezintă seria completă de difracție (tab. 2) pentru structura cristalină de tip ankerit, ilustrînd și predominarea netă a acestui carbonat Ca (Mg, Fe, Mn) $(CO_3)_2$ în carota cercetată. Analiza chimico-spectrală de emisie (tab. 1) atenționa asupra prezenței Fe în cantitate mai mare în această carotă, de unde și prezența ankeritului, indicată de razele X. Difractograma în domeniul unghiurilor mici (fig. 1) pune în evidență prezența structurii cristaline polare (tab. 2) a corrensitului (C—Cu) umflat de etilenglicol (32,6 Å). Participarea cloritelor atrage prezența Mg și Fe [1 ; 14 ; 17]. Prezente sînt și interstratificările mixte ordonate illit-clorit (28,6 Å) și illit-montmorillonit (26 Å), illitele aducînd participarea K, iar montmorillonitele a celorlalte elemente chimice din tabelul 1.

*Difractograma 4* are seria completă de difracție a ankeritului, care predomină net compoziția carotei cercetate, iar în domeniul argilelor apar structurile cristaline identificate în difractograma 1, la care se mai adaugă și prezența structurii cristaline illit-clorit-montmorillonit umflată de etilenglicol (42 Å) și a structurii clorit-montmorillonit + etilenglicol (36 Å). În interval de 10 m, difractogramele 1 și 4 și analizele chimico-spectrale pun în

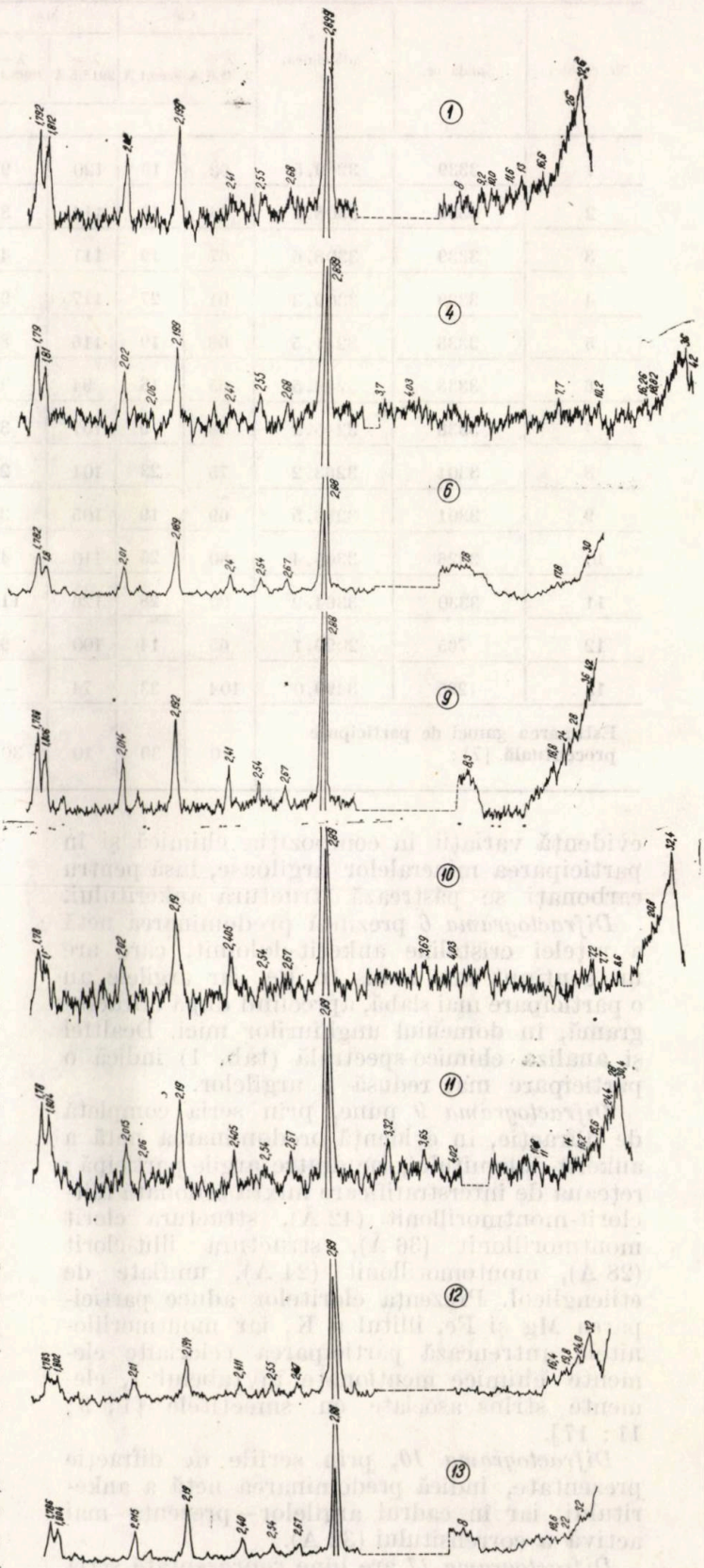


Fig. 1. Difractograme de raze X.

Analize

| Nr. carotei | Sonda nr. | Adîncimea, m. | Ca | | Mg | | Fe | | Mn | | Sr | Al | Si | Na * |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | λ = 2721,6 Å | λ = 3269,1 Å | λ = 2915,5 Å | λ = 2698,1 Å | λ = 2990,3 Å | λ = 2636,4 Å | λ = 2933,1 Å | λ = 2914,6 Å | λ = 3464,4 Å | λ = 2567,9 Å | λ = 2631,3 Å | λ = 3302,9 Å |
| | | | Parametrul | | | | | | | | | | | |
| 1 | 3339 | 3299,5 | 62 | 19 | 120 | 9 | 47 | 7 | 64 | 10 | 9 | 365 | ∞ | 31 |
| 2 | 3339 | 3308,2 | 64 | 19 | 114 | 3 | 12 | 1 | 22 | 3 | 10 | 165 | 220 | 24 |
| 3 | 3339 | 3308,6 | 67 | 19 | 111 | 4 | 10 | 1 | 25 | 3 | 10 | ∞ | ∞ | 44 |
| 4 | 3339 | 3309,3 | 91 | 27 | 117 | 9 | 14 | 3 | 24 | 3 | 10 | ∞ | ∞ | 82 |
| 5 | 3338 | 3241,5 | 68 | 19 | 116 | 8 | 10 | 1 | 31 | 4 | 10 | 45 | 430 | 32 |
| 6 | 3338 | 3244,5 | 65 | 18 | 94 | 2 | 3 | — | 25 | 3 | 4 | — | 30 | 7 |
| 7 | 3338 | 3245,2 | 58 | 9 | 107 | 3 | 5 | — | 21 | 1 | 2 | 5 | 50 | 8 |
| 8 | 3301 | 3263,2 | 75 | 23 | 101 | 2 | 29 | 4 | 55 | 6 | 6 | ∞ | ∞ | 92 |
| 9 | 3301 | 3293,5 | 69 | 19 | 105 | 3 | 6 | — | 19 | 1 | 8 | 165 | 200 | 74 |
| 10 | 3326 | 3365,4 | 80 | 25 | 110 | 4 | 14 | 2 | 110 | 10 | 7 | 55 | 440 | 30 |
| 11 | 3330 | 3364,2 | 90 | 28 | 126 | 11 | 20 | 3 | 103 | 12 | 9 | ∞ | ∞ | 65 |
| 12 | 765 | 2096,1 | 65 | 14 | 100 | 9 | 25 | 4 | 41 | 4 | 9 | — | 30 | 16 |
| 13 | 295 | 3499,0 | 104 | 33 | 74 | — | 9 | — | 17 | — | 6 | 35 | 160 | 12 |
| **Estimarea gamei de participare procentuală [7]:** | | | 10 | 30 | 10 | 30 | 3 | 10 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 3—10 | 1—3 | 0,3 |

evidenţă variaţii în compoziţia chimică şi în participarea mineralelor argiloase, însă pentru carbonaţi se păstrează structura ankeritului.

*Difractograma 6* prezintă predominarea netă a reţelei cristaline ankerit-dolomit, care are un conţinut mai redus în Fe, iar argilele au o participare mai slabă, apreciind după difractogramă, în domeniul unghiurilor mici. Dealtfel şi analiza chimico-spectrală (tab. 1) indică o participare mai redusă a argilelor.

*Difractograma 9* pune, prin seria completă de difracţie, în evidenţă predominarea netă a ankerit-dolomitului, iar dintre argile participă: reţeaua de interstratificare mixtă ordonată illit-clorit-montmorillonit (42 Å), structura clorit montmorillonit (36 Å), structura illit-clorit (28 Å), montomorillonit (24 Å), umflate de etilenglicol. Prezenţa cloritelor aduce participarea Mg şi Fe, illitul a K, iar montmorillonitele antrenează participarea celorlalte elemente chimice menţionate în tabelul 1, elemente strîns asociate cu smectitele [1; 9; 11; 17].

*Difractograma 10*, prin seriile de difracţie prezentate, indică predominarea netă a ankeritului, iar în cadrul argilelor—prezenţa mai activă a corrensitului (32 Å).

*Difractograma 11* are bine reprezentată seria de difracţie a ankeritului, căruia i se alătură, în totală subordonare, reţelele cristaline illit-montmorillonit (30 Å) şi illit-clorit (28 Å), ca mai bine reprezentate în difractogramă. Participarea illitului aduce şi prezenţa K în procente mai ridicate (tab. 1).

*Difractograma 12* prezintă seria de difracţie completă a ankeritului, iar dintre argile — participarea mai ridicată a corrensitului. Deşi carota aparţine structurii Ciureşti, analizele chimico-structurale indică o similaritate cu carotele din structura Oporelu, anterior prezentate, cu deosebirea că, în carota de la Ciureşti, se observă o participare mai redusă a argilelor.

*Difractograma 13*, aparţinînd carotei din structura Butimanu, prezintă seria completă de difracţie a dolomitului, iar dintre argile cloritclorit ce umflă = corrensit şi clorit-montmorillonit, însă într-o participare net mai redusă în comparaţie cu carotele anterior analizate.

Investigarea roentgenostructurală scoate clar în evidenţă, pe de o parte predominarea netă a ankeritului, ankerit-dolomitului şi dolomitului, iar pe de altă parte şi participarea, dar net subordonată, a cloritelor, care mai adiţionează illit şi motmorillonit în interstratificările mixte ordonate pe care le pot forma aceste grupe de minerale.

Prezintă interes teoretic şi practic să cunoaştem cum se află distribuite aceste minerale

*Tabelul 1*

**chimico-spectrale**

| Li | Ga | B | Be | Ti | Cr | Ni | V | Cu | Mo | Co | Pb | Ta | Rh | Ru | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| λ = 3232,6 Å | λ = 2943,6 Å | λ = 2496,7 Å | λ = 3130,4 Å | λ = 3186,4 Å | λ = 3014,9 Å | λ = 3414,7 Å | λ = 3185,3 Å | λ = 3273,9 Å | λ = 3132,5 Å | λ = 3453,5 Å | λ = 2833,06Å | λ = 2933,5 Å | λ = 3434,8 Å | λ = 3498,9 Å | λ = 3446,7Å |
| spectral $I_t - I_f$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 8 | 63 | — | 46 | 4 | 5 | 75 | ∞ | 3 | 17 | 8 | — | 6 | — | 32 |
| 18 | 1 | 11 | 3 | 57 | 3 | 4 | 56 | ∞ | 1 | 2 | 7 | — | 2 | 23 | 9 |
| 8 | 1 | 13 | 4 | 88 | 2 | 3 | 39 | 57 | 5 | — | 12 | — | 2 | 28 | 11 |
| 5 | — | 18 | 2 | 75 | — | 7 | 60 | 65 | 2 | 4 | 10 | — | 10 | 26 | 13 |
| 17 | 5 | 17 | 2 | 50 | — | 6 | 55 | ∞ | 2 | — | 5 | — | — | 25 | 14 |
| 7 | — | 4 | — | 16 | — | — | 13 | ∞ | — | 1 | 3 | — | 4 | 30 | 39 |
| 10 | — | 6 | — | 29 | 1 | 2 | 52 | ∞ | — | — | 2 | — | 5 | 22 | 13 |
| 29 | 12 | 36 | 16 | ∞ | 5 | 20 | ∞ | 53 | 2 | 10 | 12 | 11 | 10 | 37 | 17 |
| 11 | 2 | 6 | 2 | 61 | 2 | 4 | 62 | 68 | 1 | — | 4 | — | 8 | 20 | 40 |
| 20 | 8 | 21 | 1 | 54 | 3 | 6 | ∞ | ∞ | 2 | 7 | 5 | — | 8 | 48 | 26 |
| 20 | 8 | 33 | 10 | ∞ | 10 | 27 | 10 | ∞ | 1 | 3 | — | 13 | 14 | 46 | 43 |
| 5 | — | — | — | 27 | — | — | 47 | 106 | 7 | — | 2 | — | 3 | 44 | 15 |
| 10 | — | — | — | 62 | — | — | 70 | ∞ | — | — | — | — | 4 | 35 | — |
| 0,1 | 0,003 | 0,03 | 0,001 | 0,03 | 0,03 | 0,003 | 0,03 | 0,003 | 0,001 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 1 |

argiloase în carotele cu ankerit, ankerit-dolomit și dolomit analizate. Pentru aceasta s-a procedat la cercetarea, cu ajutorul microscopiei electronice cu baleaj [1; 15], a unor probe mai reprezentative din structurile geologice Oporelu, Ciurești și Butimanu.

Din carotele de la Oporelu s-a ales proba 9, a cărei difractogramă și analiză chimico-spectrală redau foarte clar prezența structurilor cristaline ale mineralelor argiloase.

Stereomicrofotografia din figura 2 pune în evidență în masa ankerit-dolomitului un sistem de pori și microfisuri (suprafețele de culoare negru absolut) intercomunicante, microfisurile prezentînd mărimi în gama a 5 microni, iar porii diametre echivalente în gama 20—40 microni. Dimensiunile acestora se cereau să fie și mai bine cunoscute, fapt pentru care la o mărire de trei ori s-a redat în figura 3 un asemenea por, de forma unei elipse, cu axa

*Tabelul 2*

**Serii de difracție a razelor X**

| Ankerit | | Dolomit | | (I − $C_u$) + E | | (I − M) + E | | (C − $C_u$) + E | | (C − M) + E | | (I − C − M) + E | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I |
| | | 4,025 | 3 | | | | | | | | | 42—44 | p |
| 3,704 | 3 | 3,690 | 5 | | | | | | | 36—37 | p | | |
| 2,899 | 100 | 2,886 | 100 | | | | | 32—33 | p | | | | |
| 2,685 | 3 | 2,670 | 10 | | | 30—31 | p | | | | | | |
| 2,552 | 2 | 2,540 | 8 | 28—29 | p | | | | | | | | |
| 2,411 | 3 | 2,405 | 10 | | | | | | | | | 21 | m |
| 2,199 | 6 | 2,192 | 30 | | | | | | | 18 | m | | |
| 2,067 | 1 | 2,066 | 5 | | | | | 16,5 | m | | | | |
| 2,020 | 3 | 2,015 | 15 | | | 15,2 | m | | | | | | |
| 1,852 | 1 | 1,848 | 5 | 14,3 | m | | | | | | | 14,1 | m |
| 1,812 | 6 | 1,804 | 20 | | | | | | | 12,1 | m | | |
| 1,792 | 6 | 1,786 | 30 | | | 10,1 | m | 10,9 | m | | | | |

I — illit; C — clorit; $C_u$ — clorit care umflă; M — montmorillonit; E — etilenglicol; p — puternic; m — mediu

mare de 40 microni, iar cea mică de 20 microni. Adîncimea acestui por trebuie să fie foarte mare din moment ce culoarea este negru absolut. Pentru a ilustra structura microfisurilor, în figura 4 s-a prezentat o asemenea microfisură.

Fig. 2. Carota 9. Mărire 600 X. Pori și microfisuri în ankerit-dolomit.

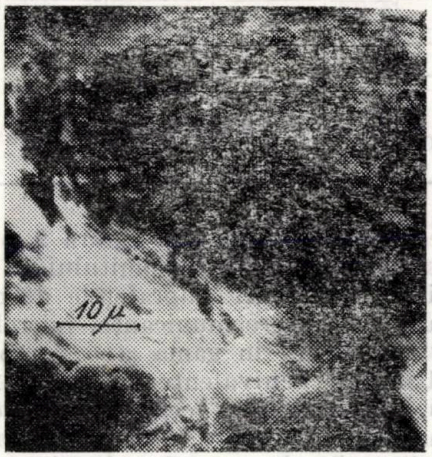



Fig. 3. Carota 9. Mărire 1 800 X. Structură de pori.

Pereții microfisurii au o rugozitate excesivă, cea de-a treia dimensiune a fisurii (din planul perpendicular pe suprafața fotografiei) este foarte mare, apreciind după culoarea negru absolut a acestui spațiu, iar în planul X, Y microfisura prezintă mărimi variind în gama a 5 microni. Analiza acestei stereomicrofotografii, precum și a celei din figura 3, pune în evidență lipsa formelor structurale specifice mineralelor argiloase [11], în masa ankerit-dolomitului observîndu-se (fig. 2) unele forme romboidale caracteristice ankerit-dolomitului. Aceasta ne permite să afirmăm că cristalitele mineralelor argiloase se află fin diseminate în masa calcarului. Acest fapt l-am observat și în lucrarea [15], unde cristalitele mineralelor argiloase și silicea se aflau fin diseminate în masa calcitului manganian din albian.

Din structura geologică Ciurești s-a ales carota 12, un ankerit, după indicațiile difractogramei 12 și a analizei chimico-spectrale. În figura 5 se poate observa un sistem de pori intercomunicanți, ale căror diametre echivalente depășesc 10 microni. În literatura de specialitate americană acest sistem este denumit [16] d e f i l e u  d e  p o r i, o denumire foarte sugestivă. În colțul din dreapta jos apare prezența unui por cu un diametru de peste 50 microni. Intercomunicarea este bună, însă pereții acestor sisteme au o rugozitate excesivă. La o mărire de trei ori mai crescută se redă în figura 6 un defileu de pori, pe diagonala fotografiei, în care se scoate în evidență această rugozitate excesivă. La o mărire de 6 000 X, în figura 7 se urmărește structura dintr-o secțiune. Nu se pot identifica forme caracteristice mineralelor argiloase, ci doar structurile specifice ale ankeritului, depuse statificat, pentru că secțiunea este înclinată față de axul Z al carotei extrasă din colectorul petrolifer.

Fig. 4. Carota 9. Mărire 10 000 X. Structură de microfisură.

Fig. 5. Carota 12. Mărire 600 X. Sisteme de pori intercomunicanți.

Dolomitul triasic din structura geologică Butimanu se particularizează prin preponderența unui sistem vacuolar, cu o rețea de fisuri

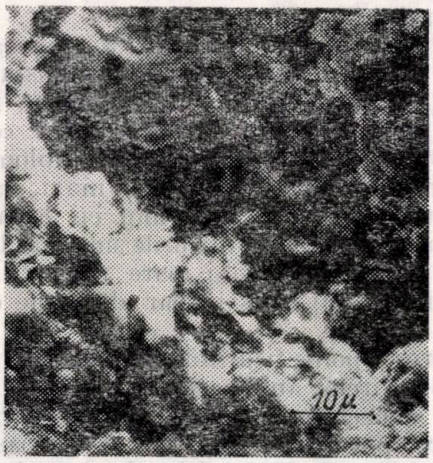



Fig. 6. Carota 12. Mărire 1 800 X. Structură de defileu de pori.

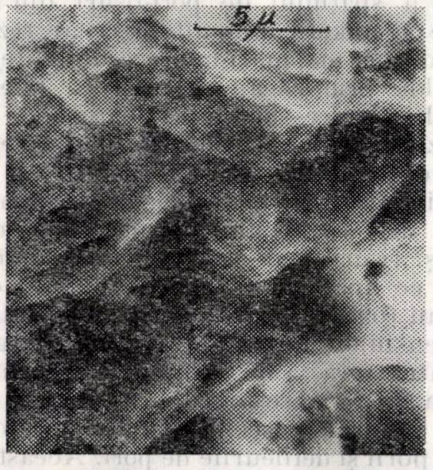



Fig. 7. Carota 12. Mărire 6 000 X. Structură stratificată în ankerit.

redusă. În figura 8 se redă prezența a două vacuole, din care cea de sus are o adîncime foarte mare, apreciind după culoarea neagră

Fig. 8. Carota 13. Mărire 60 X. Vacuole în dolomit.

oferită de stereomicrofotografie. Dacă am asimila secțiunea vacuolei de sus cu a unei elipse, axul ei mare are mărimea de 1 000 microni,

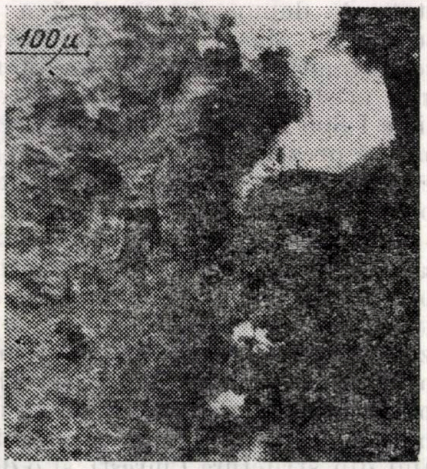



Fig. 9. Carota 13. Mărire 180 X. Cristale de dolomit pe bordura unei vacuole.

iar axul mic de 500 microni. La o mărire de trei ori se redă în figura 9 bordura unei vacuole din acest dolomit, pe care se observă, în colțul din dreapta-sus, cristale de dolomit. În prim planul secțiunii, de unde și culoarea albă din fotografie, se observă un frumos cristal, de dolomit, care are dimensiunile 160×160 microni. În figura 10, la o

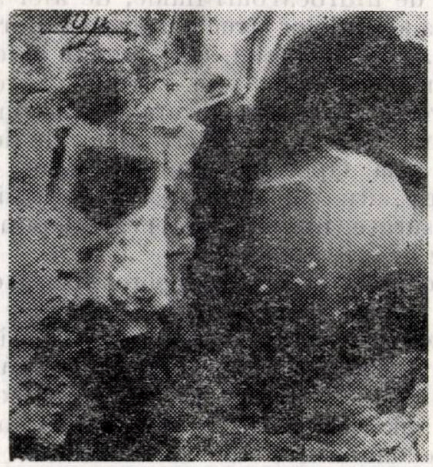



Fig. 10. Carota 13. Mărire 1 800 X. Maclă de dolomit în vacuolă.

mărire de 1 800 X, se prezintă, în detaliu, structura unei vacuole, cu axa mare de 530 microni și axa mică de 320 microni, pe care se observă cristale de dolomit, iar în interior apare o frumoasă maclă de dolomit, a cărei dimensiune, în planul din față, prezintă o lungime de 300 microni, în timp ce microfisura care pleacă din vacuolă spre colțul din stînga-jos are dimensiuni variind între 5 și 20 microni. Cristalele frumos formate apar (fig. 9 și 10) doar pe

bordura sistemului de vacuole, demonstrînd o intensă circulație a apei mineralizate prin acest sistem de vacuole, ilustrînd, în condiții de temperatură și presiune ridicate din sistem, o activitate de depunere secundară a acestor frumoase macle. Masa dolomitului format în depunere primară (fig. 8—10) nu oferă prezența unor cristale bine individualizate, chiar la măriri de 1 800 X. La această mărire (fig. 10) nu se observă prezența vreunor forme cristaline specifice mineralelor argiloase identificate în masa dolomitului de analiza cu raze X și cea chimico-spectrală. În baza acestor date afirmăm că cristalitele de argile sînt fin diseminate în masa dolomitului și numai analiza cu raze X le-a putut ilustra prezența.

Analizele efectuate ne permit să afirmăm că există o apropiere între compoziția chimico-mineralogică și structura poros-fisurată a ankerit-dolomitului din structura Oporelu și a ankeritului din structura Ciurești, și o detașare a dolomitului din structura Butimanu. Explicația trebuie căutată în condițiile fizico-chimice din bazinele de sedimentare și în funcțiile de loc și timp, atît din perioada depunerilor primare a acestor structuri cristaline, din perioada de hidrodiageneză, cît și din perioada secundară, din perioada petrodiagenezei [2; 6].

Ankeritele și ankerit-dolomitele poros-fisurate din structurile Ciurești și Oporelu localizează zăcăminte de hidrocarburi fluide, dolomitele vacuolare de la Butimanu nu conțin sisteme de hidrocarburi fluide, de aici și diferențierea actualelor structuri ale spațiilor poros-fisurate. La Butimanu, de-a lungul îndelungatului timp geologic, prin sistemul poros-fisurat a circulat apa mineralizată care a contribuit la depunerea secundară a cristalelor de dolomit, în timp ce la Oporelu și Ciurești nu au existat asemenea situații, de aceea în spațiile lor poros-fisurate nu s-au observat depuneri secundare de cristale.

Paralelizînd structurile poros-fisurate analizate, putem afirma că în perioada hidrodiagenezei au existat condiții distincte în zona Oporelu —Ciurești și în zona Butimanu, situație oglindită în faptul că în prima zonă s-a întîlnit ankeritul și ankerit-dolomitul ca minerale predominante, iar la Butimanu numai dolomit. Dar chiar în cadrul zonei Oporelu — Ciurești prezența în unele strate a ankeritului, iar în altele a varietății ankerit-dolomit, pune în evidență condiții fizico-chimice diferențiate, care au generat și compozițiile chimico-mineralogice identificate. Din nou funcțiile de loc și timp pun amprentele lor specifice problemei abordate, determinînd acea neuniformitate micro și macrostructurală specifică zăcămintelor de hidrocarburi fluide.

Stereomicrofotografiile prezentate ne permit să mai arătăm că în zona Oporelu-Ciurești se observă o depunere stratificată a ankeritelor și ankerit-dolomitelor (fig. 4 și 7), cu o frecvență mai accentuată a alternării planelor de stratificare de diferite nuanțe structurale, în timp ce la Butimanu (fig. 10) stratificarea apare mai uniformă.

Structura porilor este, de asemenea, distinctă, la Butimanu prezintă dimensiuni mai mari și apare cu forme mai rugoase, față de probele de la Oporelu—Ciurești (a se compara figura 3 cu figura 10). Fisurile din dolomitul de la Butimanu (fig. 10) sînt mai mari, dar apar mai puțin frecvente, în timp ce la ankerit-dolomitul de la Oporelu fisurile sînt mai înguste, dar au o frecvență mai mare (fig. 2), iar în ankeritul de la Ciurești apar defileele de pori (fig. 5).

Structura poros-fisurată a ankeritelor și ankerit-dolomitelor analizate are dimensiuni geometrice deosebit de reduse, în comparație cu structura poroasă a gresiilor calcaroase ilustrată în lucrarea [15], și în plus prezintă și o rugozitate mai accentuată. Această stare fizico-chimică a spațiului de pori-fisuri din aceste ankerite și ankerit-dolomite a creat rezistențe hidraulice net mai mari în procesul de deplasare a fluidelor prin zăcămînt, fapt ce reiese clar din analiza proceselor de exploatare.

Analizînd stereomicrofotografiile ankeritului, ankerit-dolomitului și dolomitului se poate reține și faptul că, în principal, în planul vertical se desfășoară dimensiunea mai adîncă a porilor și fisurilor, de unde și culoarea de negru absolut ce apare în fotografii, pentru că secțiunile au fost realizate pe fața perpendiculară pe dimensiunea lungă a carotelor extrase din zăcăminte. Aceasta ne permite să opinăm că în perioada de formare a sedimentelor au existat curenți puternici ascendenți de apă, care au generat porii și defileurile de pori. Aceasta este o ilustrare în plus față de modul de sedimentare indicat de stereomicrofotografiile din figurile 4 și 7, din care mai desprindem și părerea că alternanța aceasta de sedimentare a ușurat apariția fisurilor în planul vertical, fracturare amplificată și de mișcările tectonice ulterioare.

Această poziție spațială și structură fizico-chimică a fisurilor, porilor și defileurilor de pori, influențează modul de exploatare a zăcămintelor; de fapt a influențat și modul de punere în zăcămînt a sistemelor de hidrocarburi fluide și influențează și modul cum se desfășoară procesul de inundare în acest tip de zăcăminte.

Influența structurii spațiilor poros-fisurate analizate este implicată și în problemele menționate în continuare.

Prezența, în acest tip de colectoare, a unei microporozități determină creșterea atracției capilare față de apa mineralizată, creînd o saturație în apă crescută și imobilă [4; 16], pe de o parte, iar pe de alta, sînt solicitate mărimi mari ale presiunii diferențiale necesare producerii

acestor tipuri de colectoare de hidrocarburi fluide. Astfel, dacă există numai microporozitate în colector în zona de contact gaze/apă sau țiței/apă apare posibilitatea mărită a pătrunderii apei în sonde.

În asemenea structuri microporoase și fisurate, în care mineralele argiloase polare se află fin diseminate în masa calcarelor, pătrunderea unor fluide polare, care vor genera prin schimbul ionic umflarea structurilor polare argiloase, va determina blocarea spațiului de pori-fisuri [10; 13].

În investigarea geofizică a sondelor care pătrund în acest tip de colectoare poros-fisurate trebuie ținut seama, atît în alegerea dispozitivelor, cît și la interpretarea diagrafiilor geofizice [4]. Rezistivitățile și potențialele spontane observate în aceste colectoare sînt cauzate de prezența apei ireductibile din micropori, iar saturațiile în apă interstițială mărite sînt datorate tot influenței acestui tip de colector. Prezența abundentă a microporilor face ca debitul de apă, în producția zăcămintelor, să fie modest, pentru că apa ireductibilă din micropori este implicată în această situație. De aceea aceste colectoare trebuie carotate mecanic și cercetate hidrodinamic, altfel, doar după diagrafiile geofizice, s-ar putea să se treacă pe lîngă ele, lucru ce nu este indicat.

În concluzie se pot aprecia următoarele:

- structura poros-fisurat-permeabilă din colectoarele de tip ankerit-dolomit este generată de condițiile fizico-chimice din perioada hidrodiagenezei și cea a petrodiagenezei, specifice diferitelor bazine de sedimentare;
- structura poros-fisurat-permeabilă din aceste colectoare este determinată și de mișcările tectonice din timpul geologic;
- structura aceasta poros-fisurat-permeabilă a influențat modul de formare a zăcămintelor de hidrocarburi fluide;
- în determinarea rezervelor, în modul de consumare a energiei de zăcămînt în regimurile de exploatare, trebuie ținut seamă de particularitățile acestor structuri poros-fisurat-permeabile [12];
- în alegerea agenților de dislocuire a sistemelor de hidrocarburi fluide din zăcămînt trebuie ținut seama [12] de proprietățile fizico-chimice ale acestor structuri poros-fisurat-permeabile.

Cu alte cuvinte nu se poate face o proiectare adecvată a exploatării acestor tipuri de zăcăminte fără o cunoaștere detaliată fizico-chimică structurală a acestor colectoare de hidrocarburi fluide.

**Bibliografie**


[1] Gieseking, J. E., editor. *Soil components.* Springer Verlag, 1975.

[2] Goldsmith, J. R. *Some aspects of the geochemistry of carbonates.* Researches in geochemistry. John Wiley, New York, 1959.

[3] * * * *Index to the powder diffraction file.*, 1966, A.S.T.M. Publ., Philadelphia.

[4] Kieke, E. M., Hartmann, D. J. *Detecting microporosity to improve formation evaluation.* Journal of Petroleum Technology, october, 1974.

[5] Miheev, V. I. *Roentgenometriceskii opredeliteli mineralov.* Gostgeoltehizdat, Moskva, 1957.

[6] Pârcălăbescu, D. I. *Cîteva considerații geochimice în legătură cu compoziția mineralogică a unor zăcăminte de hidrocarburi fluide din R. P. R.* Petrol și Gaze, **14**, nr. 8, 1963.

[7] Pârcălăbescu, D. I. *Determinarea compoziției chimice a mediului solid din neogenul structurii petrolifere Moreni—Gura Ocniței.* Chimie Analitică, **2**, nr. 3, 1972.

[8] Pârcălăbescu, D. I. *Contribuție la cunoașterea proprietăților fizico-chimice ale mediului solid al unor zăcăminte de hidrocarburi fluide localizate în albianul zonei centrale a Platformei moesice.* Buletinul Institutului de petrol, gaze și geologie, București, vol. XIX, 1972.

[9] Pârcălăbescu, D. I. *Contribuție la cunoașterea proprietăților fizico-chimice ale mediului solid din structura Vîlcele.* Buletinul Institutului de petrol, gaze și geologie, București, vol. XIX, 1972.

[10] Pârcălăbescu, D. I. *Umflarea mineralelor argiloase polare prin contact cu hidrocarburile polare din condensat și implicații în procesul de exploatare a zăcămintelor.* Buletinul Institutului de petrol și gaze, Ploiești, vol. XXI, 1974.

[11] Pârcălăbescu, D. I. *Physical-chemical properties of the Breaza clay used in the preparation of the drilling muds.* Institutul de geologie și geografie, București, nr. 13, 1975.

[12] Pârcălăbescu, D. I. *Proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi fluide.* Institutul de petrol și gaze, Ploiești, 1980.

[13] Pârcălăbescu, D. I. *Apa singenetică cel mai adecvat dislocuitor al țițeiului în condiții de zăcămînt.* Mine, Petrol și Gaze, **32**, nr. 3, 1981.

[14] Pârcălăbescu, D. I. *Considerații fizico-chimice și geochimice asupra mediului solid din meotianul structurii Oprișenești.* Mine, Petrol și Gaze, **32**, nr. 5, 1981.

[15] Pârcălăbescu, D. I. *Cîteva considerații fizico-chimice și geochimice asupra colectorului petrolifer din sarmațianul structurii Bragadiru.* Mine, Petrol și Gaze, **32**, nr. 7, 1981.

[16] Pittman, E. D. *Microporosity in carbonate rocks.* B.A.A.P.G., 1971/55, nr. 10.

[17] Thorez, J. *Phyllosilicates and clay minerals.* G. Lelotte, Belgique, 1975.

# O clasificare privind coroziunea şi unele consideraţii tehnico-economice

Prof. dr. ing. A. Pavel
Institutul de petrol şi gaze Ploieşti

**Coroziunea** (lat. corrodere, fr. corrosion) este definită de către Evans [12] şi de către alţi cercetători sau autori [14 ; 23 ; 25 ; 31 ; 34 ; 40 ; 42 ; 43 ; 52 ; 58 etc.] ca fiind distrugerea, într-un anumit timp, a materialelor, în general, respectiv a metalelor şi aliajelor metalice, în particular, în urma unor acţiuni chimice sau/şi electrochimice ale mediilor tehnologice şi înconjurătoare sau datorită — pur şi simplu — unor dizolvări fizice.

Mediile în care se produce coroziunea se numesc m e d i i c o r o s i v e sau medii agresive, iar factorii fizici, chimici ori biologici, capabili să modifice aspectul sau caracteristicile unui material sau element supus acţiunii lor, se numesc a g e n ţ i d e a t a c. Intensitatea cu care se manifestă acţiunea mediilor corosive asupra unui anumit material defineşte a g r e s i v i t a t e a mediilor respective, iar materialul afectat de coroziune se numeşte m a t e r i a l c o r o d a t.

Modul de desfăşurare a fenomenului de coroziune constituie p r o c e s u l d e c o r o z i u n e. Porţiunea de suprafaţă a materialului pe care se amorsează procesul de coroziune se numeşte c e n t r u (focar) d e c o r o z i u n e, iar adîncimea distrugerii corozive a materialelor se numeşte p ă t r u n d e r e a c o r o z i u n i i *.

Factorii care influenţează intensitatea şi distribuţia coroziunii pot fi grupaţi în :

1 — factori legaţi de natura şi tipul materialului (structură, compoziţie chimică, tensiuni mecanice iniţiale etc.), numiţi f a c t o r i i n t e r n i ai coroziunii ;

2 — factori legaţi de natura, proprietăţile şi compoziţia chimică a mediilor, precum şi de condiţiile de coroziune (temperatură, mişcare, concentraţie, pH etc.), numiţi f a c t o r i e x t e r n i ai coroziunii.

Rezultatele combinaţiilor chimice dintre materialele date şi mediile corosive constituie p r o d u ş i i d e c o r o z i u n e, care pot fi de următoarele tipuri :

— produşi primari → substanţe chimice rezultate în urma coroziunii datorite interacţiunii nemijlocite între material şi mediile corosive ** ;

— produşi secundari → substanţe chimice rezultate în urma coroziunii datorite interacţiunii dintre produşii primari de coroziune şi mediile tehnologice sau ambiante ;

— arsuri → produşi ai coroziunii materialelor în medii gazoase şi la temperaturi ridicate ;

— tuberculizări → produşi locali de coroziune, cu aspect de protuberanţe dispersate superficiale ;

— decarburări superficiale → straturi decarburate, superficiale, ale elementelor din fonte sau din oţeluri, care au pierdut — parţial sau total — carbonul (combinat sau liber) ca urmare a acţiunii corosive a oxigenului din atmosferă la temperaturi ridicate * ;

— oxidări interne → precipitări sub suprafaţă a unuia sau a mai multor oxizi, ca rezultat al difuziei spre interior a oxigenului din mediile tehnologice sau ambiante ;

— pelicule → straturi subţiri aderente la suprafaţa unor elemente metalice, depuse sau formate superficial prin combinarea chimică a mediilor cu materialele metalice respective**.

Uneori, produşii de coroziune pot avea denumiri specifice aliajelor date (de exemplu, rugină — pentru aliajele feroase) sau se pot denumi în funcţie de compoziţia lor chimică (de exemplu, oxizi, sulfuri etc.).

Masa $m_{cor}$, în g, a produşilor de coroziune poate fi exprimată, cantitativ, sub forma :

$$m_{cor} = m_i - m_f, \tag{1}$$

respectiv :

$$m_f = m_{fc} + XA, \tag{2}$$

în care :

$m_i$ este masa iniţială a elementului sau sistemului (piesei, utilajului), în g ;

$m_f$ — masa finală a elementului sau sistemului, în g ;

$m_{fc}$ — masa elementului sau sistemului după ce acesta a fost curăţat de produşii de coroziune, în g ;

$X$ — factorul de corecţie, în g/m², a cărui valoare depinde de mijlocul de curăţire a produşilor de coroziune folosit, în fapt el reprezentînd pierderea de material metalic necorodat la îndepărtarea produşilor de coroziune ; va-

---

* În cazul unei coroziuni neuniforme, se poate distinge pătrunderea maximă, pătrunderea minimă sau pătrunderea medie.

** La coroziunea electrochimică, produşii primari de coroziune sînt cei rezultaţi din reacţiile catodice şi anodice.

* Fenomenul se produce în special cu ocazia tratamentelor termice sau termomecanice şi se soldează cu scăderea imediată a caracteristicilor mecanice corespunzătoare (duritate, rezistenţă de rupere etc.). Acest fenomen se poate manifesta, de asemenea, în situaţii accidentale — determinate — specifice exploatării elementelor şi sistemelor metalice ale cuptoarelor tehnologice, reactoarelor şi regeneratoarelor din unele instalaţii tehnologice petrochimice (cracare catalitică, piroliză etc.) ş.a.

** Peliculele pot fi direct vizibile, invizibile sau vizibile numai în culorile de intereferenţă pe care le formează. Ele pot avea însuşiri de protecţie, în funcţie de compactitatea şi aderenţa lor la metalul de bază.

loarea acestui factor se precizează prin intermediul unei probe martor, supunîndu-se elementul sau sistemul necorodat acțiunii mijlocului dat de curățare, periere, decapare etc. și constantîndu-se, ulterior, pierderea masică corespunzătoare;

$A$ — aria suprafeței corodate și curățate a elementului, în m².

Cantitatea de metal transformată în produse de coroziune constituie p i e r d e r i l e p r i n c o r o z i u n e.

La nivelul economiei naționale, pierderile prin coroziune se pot evalua prin:

— costul confecționării de echipamente noi, înlocuitoare ale celor distruse prin coroziune;

— costul metalului ireversibil compromis sau pierdut, ca efect ale proceselor de coroziune;

— pierderile materiale corespunzătoare prematurei scoateri din serviciu a utilajelor corodate excesiv;

— micșorarea intervalului calendaristic între două revizii/reparații consecutive, respectiv diminuarea productivității muncii;

— sporirea frecvenței și gravității avariilor;

— considerabilele pierderi de producție și, deci, de produse industriale dintre cele mai prețioase;

— poluarea periculoasă a mediului etc.

După opinia economiștilor, în industria metalurgică, fiecare al cincilea furnal produce metal numai pentru a asigura compensarea gigantilor pierderi prin coroziune. Anual, circa 20 % din producția mondială de oțel se pierde prin coroziune, din care motiv, mulți tehnicieni contemporani abordează coroziunea ca pe o așa-numită maladie canceroasă a construcției de mașini. Cheltuielile anuale care acoperă, atît pierderile de metal prin coroziune, cît și sistemele de protecție anticorosivă reprezintă 12...16 miliarde de dolari în S.U.A., circa 10 miliarde de ruble în U.R.S.S., circa 2 miliarde de dolari în Anglia și circa 1 miliard de dolari în Canada [21].

Capacitatea materialelor tehnice, respectiv a metalelor și aliajelor metalice, de a rezista la distrugerea prin coroziune se numește r e z i s t e n ț ă (stabilitate) l a c o r o z i u n e. [34; 35; 39; 47; 48; 56 etc.]. Se înțelege, acum, că denumirea de rezistență (stabilitate) chimică, adeseori încă folosită în limbajul practic atunci cînd este vorba, de fapt, despre rezistența la coroziune, este unilaterală și, de aceea, se recomandă să fie abandonată.

Aprecierea rezistenței la coroziune a materialelor metalice se face prin intermediul unor indicatori de rezistență la coroziune (*IRC*), care vor fi fundamentați și studiați în continuare. În acest scop, se procedează la efectuarea — de la caz la caz — a unor încercări de laborator (pe epruvete, în condiții artificiale), încercări de teren (pe epruvete, în condiții naturale), încercări în condiții de exploatare (cele mai concludente) sau încercări accelerate.

C l a s i f i c a r e a, după diferite criterii, a principalelor tipuri de coroziune este indicată în figura 1, exemplificarea sugestivă a unora dintre tipurile, reprezentative, de coroziune fiind schematizată în figura 2.

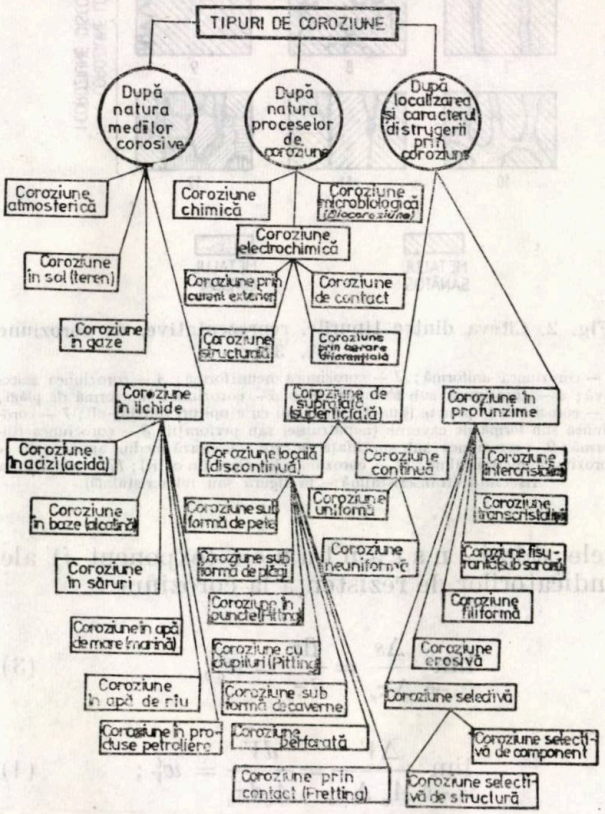



Fig. 1. Clasificarea și gruparea principalelor tipuri de coroziune [34].

Cantitativ, intensitatea și ritmul proceselor de distrugere prin coroziune se apreciază prin intermediul următorilor i n d i c a t o r i d e r e z i s t e n ț ă l a c o r o z i u n e (în continuare, notați prin simbolul general $w$); indicatorul c i n e t i c $w_c$, în mod curent numit v i t e z ă d e c o r o z i u n e, exprimat în mm/h, mm/d sau mm/an; indicatorul v o l u m i c $w_V$, exprimat în cm³/(m².h), cm³/(m².d) sau cm³/(m².an); indicatorul m a s i c $w_M$, exprimat în g/(cm².h), g/(m².d) sau g/(m².an).

Dacă, pentru o variație $\Delta\tau_s$ a duratei $\tau_s$ (în h, d sau an) de serviciu, respectiv de funcționare, în condiții de coroziune, corespunde variația $\Delta s$ a grosimii $s$ (în mm) a peretelui metalic, variația $\Delta V$ a volumului $V$ (în cm³) sau variația $\Delta M$ a masei $M$ (în g) ale părții metalice a elementului sau sistemului, atunci — pentru $\Delta\tau_s$ suficient de mic ($\Delta\tau_s \to 0$) — rezultă următoa-

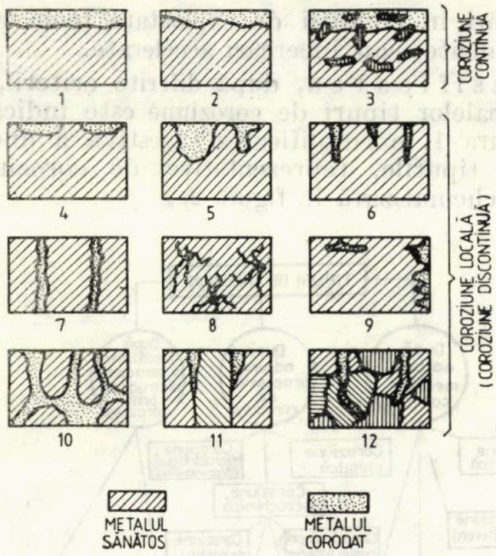



Fig. 2. Cîteva dintre tipurile, reprezentative, de coroziune [21, 34]:

*1* — coroziunea uniformă; *2* — coroziunea neuniformă; *3* — coroziunea selectivă; *4* — coroziunea sub formă de pete; *5* — coroziunea sub formă de plăgi; *6* — coroziunea în puncte (punctiformă) sau cu ciupituri (pitting-ul); *7* — coroziunea sub formă de caverne (nepătrunse) sau perforații; *8* — coroziunea filiformă; *9* — coroziunea sub suprafața pe care acționează mediul agresiv; *10* — coroziunea intercristalină; *11* — coroziunea lamelară (în cuțit); *12* — coroziunea fisurantă (transcristalină — în figură sau intercristalină).

rele valori instantanee (exponent $i$) ale indicatorilor de rezistență la coroziune:

$$\lim_{\Delta\tau_s\to 0}\frac{\Delta s}{\Delta\tau_s}=\frac{ds}{d\tau_s}=w_c^i; \tag{3}$$

$$\lim_{\Delta\tau_s\to 0}\frac{\Delta V}{A_c\,\Delta\tau_s}=\frac{dV}{A_c d\tau_s}=w_V^i; \tag{4}$$

$$\lim_{\Delta\tau_s\to 0}\frac{\Delta M}{A_c\Delta\tau_s}=\frac{dM}{A_c d\tau_s}=w_M^i, \tag{5}$$

în care $A_c$ reprezintă aria totală a suprafeței corodate, în m².

Evident, valorile medii ale indicatorilor de rezistență la coroziune, corespunzătoare formulelor (3) ... (5), vor fi următoarele:

$$w_c=\frac{s_c}{\tau_s},\ \text{mm/an}; \tag{6}$$

$$w_V=\frac{V_c}{A_c\tau_s},\ \text{cm}^3/(\text{m}^2.\text{an}); \tag{7}$$

$$w_M=\frac{M_c}{A_c\tau_s},\ \text{g}/(\text{m}^2.\text{an}), \tag{8}$$

în care $s_c$ reprezintă grosimea de perete corodată în timp care, pentru $\tau=\tau_s$, are valoarea maximă $s_c=c$, numită adaos de coroziune, în mm; $V_c$ — volumul de metal corodat în timpul $\tau=\tau_s$, în cm³; $M_c$ — masa metalului corodat în timpul $\tau=\tau_s$, în g, rezultînd:

$$w_c=\frac{k_1 w_M}{\rho}, \tag{9}$$

unde $k_1$ este un coeficient numeric de transformare, iar $\rho$ reprezintă densitatea metalului corodat, exprimată — de la caz la caz — în g/cm³, kg/dm³ sau kg/m³.

Prin intermediul indicatorului cinetic $w_c$ se poate aprecia, cantitativ, evoluția în timp a proceselor de coroziune uniformă, iar prin intermediul indicatorilor volumic $w_V$ și masic $w_M$ se poate aprecia, de asemenea cantitativ, evoluția în timp a proceselor de coroziune neuniformă.

Conform standardelor, după valorile pe care le pot avea indicatorii de rezistență la coroziune, materialele metalice se împart în șase grupe (I, ..., VI) și, corespunzător, în zece clase (1, ..., 10) de rezistență la coroziune, așa cum se indică în tabelul 1.

Din egalitatea (6) rezultă următoarea formulă de calcul pentru adaosul de coroziune:

$$s_c=w_c\tau_s,\ \text{mm}, \tag{10}$$

care, în general, trebuie să satisfacă următoarea dublă inegalitate:

$$s_{c\,min}=0{,}5\ \text{mm}\leqslant s_c\leqslant s_{c\,max}=3{,}0\ \text{mm}, \tag{11}$$

în care: $s_{c\,min}=0{,}5$ mm reprezintă valoarea minim admisibilă a adaosului de coroziune, impusă prin normele oficiale de supraveghere tehnică; $s_{c\,max}=3{,}0$ mm — valoarea maxim admisibilă a adaosului de coroziune, stabilită pe baza unor considerente tehnico-economice; $w_c\leqslant 0{,}1$ mm/an — valoare informativă pentru oțeluri obișnuite și pentru condiții normale de lucru; $w_c\leqslant 0{,}2$ mm/an — valoare informativă pentru elementele și sistemele neimportante, care — de obicei — sînt executate din oțeluri ieftine; $w_c\leqslant 0{,}3$ mm/an — valoare informativă pentru elementele și sistemele simple, ieftine și ușor de înlocuit.

Se recomandă ca alegerea materialelor pe baza unor considerente de rezistență la coroziune să fie făcută, în general, în urma efectuării de calcule tehnico-economice concludente, în care să se țină seama, atît de durata totală de serviciu $\tau_s$, cît și de costul total al înlocuirii utilajelor respective sau numai a unor elemente de utilaje.

Dacă se notează cu ($pc$) costul unitar al materialului corodat, în lei/mm, atunci costul

*Tabelul 1*

**Scara apreciativă a rezistenței la coroziune**

| Grupa de rezistență la coroziune | Aprecierea rezistenței la coroziune | Clasa de rezistență la coroziune | Indicatorul de rezistență la coroziune | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | pentru metalele grele ($\rho$ = 7 500 kg/m³) | | pentru metalele ușoare ($\rho$ = 2 500 kg/m³) | $w_c$, în mm/an |
| | | | $w_M$, în g (m²·d) | $w_M$, în g/(m²·h) | $w_M$, în g/(m²·d) | |
| I | Perfect rezistente (PR), perfect stabile (PS) | 1 | <0,021 | — | <0,007 | <0,001 |
| II | Foarte rezistente (FR), foarte stabile (FS) | 2 | 0,021.. 0,100 | <0,100 | 0,007...0,035 | 0,001...0,005 |
| | | 3 | 0,100...0,210 | | 0,035...0,070 | 0,005...0,010 |
| III | Rezistente (R), stabile (S), bine utilizabile (BU) | 4 | 0,21...1,00 | 0,10...1,00 | 0,07...0,35 | 0,01...0,05 |
| | | 5 | 1,00...2,10 | | 0,35...0,70 | 0,05...0,10 |
| IV | Relativ rezistente (RR), oarecum rezistente (OR), utilizabile (U) | 6 | 2,10...10,50 | 1,0...0,3 | 0,70...3,50 | 0,10...0,50 |
| | | 7 | 10,5...21,0 | | 3,5...7,0 | 0,5...1,0 |
| V | Slab — puțin sau foarte puțin — rezistente (SR), aproape inutilizabile (AIU) | 8 | 21...105 | 3...10 | 7...35 | 1...5 |
| | | 9 | 105...210 | | 35...70 | 5...10 |
| VI | Nerezistente (NR), inutilizabile (IU) | 10 | >210 | >10 | >70 | >10 |

OBSERVAȚIE. Scara nu poate fi utilizată în cazul coroziunii intercristaline. Prin $\rho$ s-a notat masa volumică (densitatea).

total $(PC)_c$ al materialului corodat, în lei, va fi:

$$(PC)_c = (pc) \cdot s_c = (pc) \cdot w_c \tau_c = k \tau_s, \text{ lei,} \quad (12)$$

în care $k = (pc) \cdot w_c$, în lei/an, este o mărime constantă pentru o situație (tipică) dată.

Observînd că ecuația (12) reprezintă o dreaptă ce trece prin origine, în figura 3 se face o comparație a costului total $(PC)_c$, care este liniar variabil în timp*, cu costul total $(PC)_i$ al înlocuirii utilajelor sau elementelor de utilaje, care — se presupune că — este constant în timp. Din figura 3 rezultă, în mod clar, că:

— pentru $\tau_s = \tau_{sB} < \tau_{sA}$, este mai avantajoasă prevederea unui anumit adaos de coroziune, deci **sacrificarea** unei anumite cantități de material, decît înlocuirea echipamentului în discuție;

— pentru $\tau_s = \tau_{sC} > \tau_{sA}$, este mai avantajoasă **înlocuirea** echipamentului în cauză, după epuizarea adaosului de coroziune $s_{cA} = w_c \tau_{sA}$, decît prevederea adaosului de coroziune necesar $s_{cC} = w_c \tau_{sC} > s_{cA}$.

În majoritatea cazurilor cînd se folosesc bimetale, materiale metalice multistrat sau materiale metalice placate, adaosul de coroziune nu mai este necesar să se prevadă, întrucît rezistența la coroziune este asigurată de către stratul de acoperire. Din motive evidente, tablele bimetalice, multistrat sau placate se

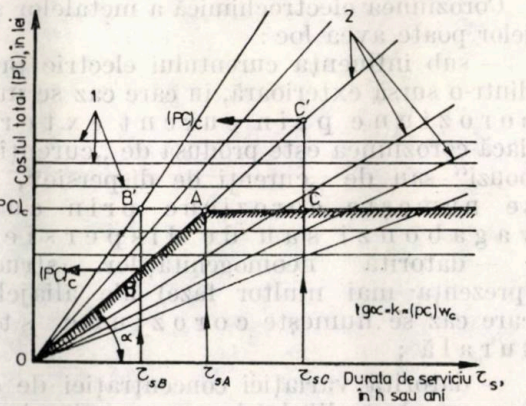



Fig. 3. Compararea costului total al materialului corodat în timp cu costul total al înlocuirii — după o anumită durată de serviciu a — echipamentului (elementului, piesei, utilajului) în discuție:

*1* — familia dreptelor rediind, pentru diferite situații tipice, costul total al înlocuirii; *2* — familia dreptelor redind, de asemenea pentru diferite situații tipice, costul total al materialului corodat în timp; *A, B, C* — punctele precizînd soluțiile acceptate preferențial; *B', C'* — punctele precizînd soluțiilor dezavantajoase din punct de vedere tehnico-economic.

vor suda pe partea stratului protector cu electrozi ce asigură o rezistență la coroziune cel puțin egală cu cea a stratului respectiv, sudarea implicînd măsuri speciale.

*Coroziunea chimică*

Prin coroziune chimică se înțelege coroziunea datorită simplei interacțiuni chimice directe, nemijlocite, între material și mediu, aceasta producîndu-se în mediile electric necunductoare (gaze, lichide neionice). În cazul coroziunii chimice nu apare nici un transport de sarcini

* Poate fi și neliniar variabil în timp, în care caz trebuie stabilită forma corespunzătoare a ecuației (12).

electrice, produşii de coroziune rămînînd la locul atacat. Ca exemplu de astfel de coroziune se poate cita cazul coroziunii („ruginirii") utilajelor amplasate în incinte prost aerisite, în care se degajă vapori agresivi.

*Coroziunea electrochimică*

Această coroziune, fiind însoţită de apariţia curentului electric, este condiţionată de existenţa acestuia, de existenţa a două metale sau a doi compuşi metalici şi a unui electrolit, caracterizîndu-se printr-un neîntrerupt transport de sarcini electrice la limita dintre metal şi mediul corosiv. Coroziunea electrochimică se produce în medii electric conducătoare — soluţii de electroliţi în apă (de exemplu, acizi, baze, apă de mare, apă de rîu, atmosferă umedă) [1; 3; 6; 9; 16; 19; 24; 28; 31; 36; 38; 53; 54 etc.], săruri topite —, în acest caz produşii de coroziune fiind întotdeauna depuşi în cu totul alt loc decît cel al coroziunii. Coroziunea atmosferică şi multe alte tipuri de coroziune, menţionate în figura 1 şi întîlnite în practica tehnologică şi a transportării şi depozitării produselor petroliere şi petrochimice, sînt coroziuni electrochimice [5; 7; 26].

Prin coroziune atmosferică se înţelege coroziunea metalelor şi aliajelor în atmosferă [11; 15; 16; 22; 54].

Coroziunea electrochimică a metalelor şi aliajelor poate avea loc:

— sub influenţa curentului electric provenit dintr-o sursă exterioară, în care caz se numeşte coroziune prin curent exterior; dacă coroziunea este produsă de „curenţi vagabonzi" sau de „curenţi de dispersie", atunci se numeşte coroziune prin curenţi vagabonzi sau de dispersie;

— datorită neomogenităţilor structurale (prezenţa mai multor faze) ale aliajelor, în care caz se numeşte coroziune structurală;

— datorită variaţiei concentraţiei de oxigen în masa electrolitului în care se află elementul metalic, în care caz se numeşte coroziune prin aerare diferenţială;

— prin contactul electric al două metale cu potenţiale de electrod diferite sau al unui metal cu un material nemetalic, în care caz se numeşte coroziune prin contact.

*Coroziunea microbiologică (biocoroziunea)*

Această coroziune rezultă, direct sau indirect, în urma activităţii metabolice, corosive, a unor microorganisme şi mai ales a bacteriilor saprofite anaerobe [8; 17; 22; 55]. Biocoroziunea pune în faţa proiectantului şi a constructorului de utilaje tehnologice ce urmează să funcţioneze în mediu marin sau într-un climat tropical, de exemplu, probleme numeroase şi deosebit de complexe. După cum se ştie, unele materiale metalice se autoapără sau sînt apărate, împotriva coroziunii, prin acoperirea cu pelicule foarte subţiri de oxizi protectori. Dacă, însă, produşii rezultaţi din metabolismul bacterian atacă în vreun loc aceste pelicule, atunci acel loc devine, în mod inevitabil, sediul oricărui tip de coroziune. Rezultă de aici că, deşi sînt imune faţă de coroziune în condiţii normale, materialele metalice amintite sînt dezarmate în faţa coroziunii în prezenţa aliaţilor ei microscopici — bacteriile.

*Coroziunea locală (discontinuă)*

Această coroziune atacă cu viteze neuniforme şi se concentrează în anumite porţiuni ale suprafeţei materialului, evidenţiindu-se sub formă de pete (fig. 2,*4*) şi plăgi (fig. 2,*5*), sub formă de puncte şi ciupituri (fig. 2,*6*), sub formă de caverne şi perforaţii (fig. 2,*7*) etc. (fig. 2,*8*...*12*).

*Coroziunea continuă*

Această coroziune atacă simultan, uniform (fig. 2,*1*), neuniform (fig. 2,*2*) sau selectiv (fig. 2,*3*), toate punctele suprafeţei materialului.

*Coroziunea uniformă*

Această coroziune (fig. 2,*1*) se caracterizează printr-o aceeaşi viteză $w_c$ pe întreaga suprafaţă a materialului aflată sub acţiunea mediului corosiv considerat. În aer, coroziunea uniformă aproape nu se observă, însă în unele medii chimice ea poate avansa cu viteze, de exemplu, de ordinul milimetrilor pe an. Dacă mediul corosiv este lichid, atunci procesul de coroziune evoluează ca şi cum materialul „s-ar dizolva" necontenit; dacă, însă, mediul corosiv este gazos, atunci fenomenul respectiv apare ca o oxidare, pe suprafaţa materialului formîndu-se sau depunîndu-se o peliculă colorată, de altă compoziţie decît cea a materialului de bază, corodat. Pentru exemplificarea coroziunii uniforme se citează cazul oţelurilor inoxidabile care lucrează cu acizi puternici, nediluaţi.

*Coroziunea neuniformă*

Această coroziune (fig. 2,*2*) se caracterizează prin viteze $w_c$ diferite, în diferite zone ale suprafeţei materialului aflate sub acţiunea mediului corosiv considerat. În acest caz este, deci, vorba despre un atac preferenţial al coroziunii, acest fenomen întîlnindu-se mai ales acolo unde structura suprafeţei materialului este neomogenă (în urma prelucrării mecanice, a oxidării locale, a dizolvării aerului în soluţiile ce acoperă, uneori, porţiuni de suprafaţă etc.).

*Coroziunea selectivă*

Aceasta este o coroziune electrochimică prin care se distruge fie un singur component chimic al aliajelor — cazul coroziunii selective de component (de exemplu dezincarea alamelor în medii alcaline) —, fie un

ingur constituent structural al aliajelor — cazul coroziunii selective de structură (de exemplu grafitizarea fontelor în anumiţi acizi slabi).

*Dezincarea* este coroziunea selectivă de component) a unui aliaj de zinc — de obicei alamă —, care implică pierderea de zinc şi rămînerea sau chiar depunerea pe loc a unuia sau a mai multor componenţi mai puţin activi de obicei a cuprului). Dezincarea alamelor se soldează cu formarea unei mase de cupru cu rezistenţă mecanică mediocră, fără să apară o schimbare sensibilă a dimensiunilor. Această coroziune selectivă este tipică pentru alamele cu mai puţin de 15% zinc, apele corosive excelînd în favorizarea dezincării. Efectele superficiale ale acestui tip de coroziune sînt ciupiturile mai mult sau mai puţin adînci şi uneori petele, asemănătoare cu cele prezentate în figura 2.

*Grafitizarea* este coroziunea selectivă (de structură) în soluţii acide a fontei cenuşii, în care constituenţii metalici — ferita şi perlita — trec în soluţie, transformîndu-se în produşi de coroziune şi lasă grafitul intact. Grafitizarea fontelor are ca efect apariţia unei structuri poroase în urma atacării (prin dizolvarea) fazei feritice, reţeaua grafitică rămasă putînd fi îndepărtată uşor. De multe ori, forma exterioară a elementului se păstrează, însă rezistenţa sa mecanică se pierde într-atît, încît elementul respectiv poate fi sfărîmat între degete.

*Coroziunea în puncte şi coroziunea cu ciupituri (pitting-ul)*

Aceasta este o coroziune puternică, localizată în puncte distincte (fig. 2,*6*), care se amorsează la suprafaţa metalului şi continuă dedesubtul ei, concentrîndu-şi acţiunea în anumite zone ale suprafeţei şi după anumite direcţii [6; 41; 57]. Este o formă primejdioasă de coroziune, de cele mai multe ori viteza ei fiind mare. Chiar dacă, statistic, nu se înregistrează pierderi mari de metal prin astfel de coroziune, de multe ori se poate ajunge repede şi pe neaşteptate la perforarea (coroziune perforată — fig. 2, 7) pereţilor utilajelor şi aceasta poate provoca adevărate dezastre, în cazul chimizării produselor petroliere (petrochimiei), al transportării şi depozitării produselor petroliere etc. Acest tip de coroziune se întîlneşte, mai frecvent, la metalele şi aliajele la care, în urma atacului coroziunii, apare pelicula de oxizi protectori, şi anume la oţelurile inoxidabile. Pitting-ul poate avea cauze multiple, dar poate fi iniţiat sau promovat şi de „mărturiile istoriei" prelucrării metalului respectiv — impurităţi, accidente de suprafaţă, zgîrieturi. Se pare că, odată amorsat fenomenul pitting-ului, viteza lui creşte apreciabil, mai ales dacă creşte şi temperatura.

*Coroziunea în caverne*

Aceasta * este un caz particular de pitting (fig. 2,*7*), atacurile fiind foarte izolate, însă adînci (dar nepătrunse). În adînciturile (cavernele) formate astfel apare un produs de coroziune primar, iar viteza de coroziune poate fi de mii de ori mai mare decît în restul suprafeţei materialului.

*Coroziunea sub formă de pete şi plăgi*

În general, această coroziune (fig. 2,*4* şi *5*) este generată de aceleaşi cauze ca şi pitting-ul. Coroziunea sub formă de pete cuprinde porţiuni mari de suprafaţă şi are o pătrundere relativ mică, iar coroziunea sub formă de plăgi se caracterizează prin distrugeri mai adînci, localizate pe suprafeţe relativ mici.

*Coroziunea prin contact (fretting-ul)*

Aceasta, care se mai numeşte coroziune locală prin frecare, se referă la distrugerea metalelor şi aliajelor produsă prin acţiunea concomitentă a mediului corosiv şi a frecării, respectiv a contactului strîns, local, dintre elemente [27; 41; 50].

*Coroziunea în gaze*

Aceasta se referă la distrugerea metalelor şi aliajelor sub acţiunea gazelor. În practică, coroziunea în gaze se produce de obicei la temperaturi ridicate [15; 32].

*Oboseala la coroziune*

Aceasta se înţelege ca fiind o anumită micşorare a rezistenţei la oboseală a materialelor metalice sub acţiunea concomitentă a solicitărilor variabile şi a mediului corosiv [4; 33; 39; 49; 51].

*Fragilizarea caustică*

Aceasta se înţelege ca fiind fragilizarea unui material metalic ca rezultat al contactării sale cu o soluţie alcalină.

*Coroziunea intercristalină*

Această coroziune, considerată de către unii autori ca un caz special al coroziunii selective de structură, este un atac corosiv limitat, care se produce în mod preferenţial la conturul grăunţilor cristalini ai metalului sau aliajului (fig. 2,*10*). Ea apare acolo unde se naşte o diferenţă de compoziţie între faze, acolo unde fenomenul de cristalizare a fost perturbat, atunci cînd la limita dintre grăunţii cristalini s-au creat zone eterogene din punctul de vedere al compoziţiei sau au fost concentrate impurităţi chimice etc. [10; 29; 38; 44]. Pierderile în masă sînt excepţional de mici în cazul coroziunii intercristaline, deoarece produşii de coroziune rămîn în interiorul structurii metalice, însă rezistenţa meca-

* Denumită, uneori, coroziune cavernoasă.

nică și ductilitatea metalului scad foarte mult. Fiind inobservabilă la suprafața metalului sau a aliajului, coroziunea intercristalină poate fi pusă în evidență doar prin cercetarea unei secțiuni la microscop sau prin constatarea unor apreciabile diminuări ale caracteristicilor mecanice sau electrice. O tablă de oțel atinsă de coroziunea intercristalină nu dă sunet metalic la lovire și se fărîmițează în pulbere la o solicitare foarte mică. Coroziunea intercristalină se întîlnește la oțelurile aliate Cr/Ni de tip 18/8, lucrînd la temperaturi de 673...1 073° K (400...800° C) în prezența unor medii corosive. Se întîlnește, de asemenea, la aur, aluminiu și fier foarte pure, la duraluminiu și chiar la oțelurile obișnuite, dacă acestea din urmă lucrează sub sarcină, de exemplu, în prezența unor soluții de azotat de amoniu.

*Coroziunea transcristalină*

Aceasta se referă la distrugerea corosivă care se propagă prin interiorul grăunților cristalini, adică transcristalin (fig. 2,*12*).

*Coroziunea fisurantă.*

Această coroziune * se datorește acțiunii concomitente a mediilor corosive și a eforturilor unitare corespunzătoare unor solicitări mecanice și se întîlnește la aproape toate metalele și aliajele supuse la solicitări mecanice (mai ales alternant variabile) în prezența unor medii de lucru agresive [1; 2; 4; 13; 18; 20; 30; 31; 33; 37—40; 44—46; 49; 51 etc.]. Ea se manifestă, atît intercristalin, cît și transcristalin (fig. 2,*12*), și nu la toate metalele și aliajele este favorizată de aceleași medii corosive. Coroziunea fisurantă este întotdeauna însoțită de o deformare plastică și formarea de fisuri în metal, ca rezultat al acțiunii simultane a mediului corosiv și a eforturilor unitare reziduale sau a solicitărilor date de forțele exterioare, denumită fisurare corosivă. Fisurarea care rezultă din acțiunea combinată a coroziunii electrochimice și a eforturilor reziduale se numește fisurare sezonieră, termenul fiind folosit de obicei pentru fisurarea corosivă a alamelor. Scăderea sensibilă a tenacității unui metal sau aliaj sub acțiunea combinată a unor eforturi unitare reziduale unitare sau a unor solicitări (forțe exterioare) și a unui mediu corosiv se numește fragilizare corosivă.

*Coroziunea filiformă*

Această coroziune (specifică fierului) se produce sub acoperirile protectoare anticorosive permeabile și suficient de elastice (pentru a ceda la solicitarea hidroxidului de fier format dedesubt). Atacul coroziunii, în acest caz, se prezintă ca un filament (fig. 2,*8*) ce șerpuiește sub stratul acoperitor (de vopsea, de exemplu) coroziunea filiformă fiind favorizată de atmosfera umedă.

*Coroziunea erosivă*

Această coroziune, numită uneori coroziune produsă de cavitație *, se referă la distrugerea unui metal sau a unui aliaj prin curgerea turbulentă a unui lichid (asociată în unele cazuri cu eroziunea) și ea apare la vehicularea cu viteze foarte mari a lichidelor corosive sau sub acțiunea jeturilor puternice de lichide corosive [27]. Coroziunea erosivă este de obicei considerabil accelerată prin antrenarea de către lichidele corosive a bulelor de gaz. Această formă de coroziune se întîlnește la tubulatura unor condensatoare, pompele centrifuge, turbinele hidraulice etc., ea acționînd atît electrochimic (pilă electrochimică**) cît și mecanic (îndepărtarea peliculelor protectoare de pe suprafața metalelor).

**Bibliografie**


[1] Agapov, G. I. ș.a. Him. i neft. mașinostr., 1974 nr. 7, 24—25.
[2] Ajoghin, F. F. *Korrozionnoe rastreskivanie i zaşcita viskoprocinth stalei*. Moskva, Metallurghia, 1974.
[3] Athanasiadis, A. M. Petrol și gaze, 1973, **24**, nr. 1, p. 36—40.
[4] Austen, I. M. ș.a. Metal Sci., 1978, 12, nr. 2, p. 77—82.
[5] Badea T., Atanasiu I. A. Rev. Chim., 1974, **25**, nr. 12, p. 1000—1002.
[6] Brînzoi V., Constantinescu E. Rev. Chim., 1977, **28**, nr. 6, p. 566—570.
[7] Constantinescu, M. ș.a. Rev. Chim., 1977, 28, nr. 10, p. 981—984.
[8] Constantinescu, S. ș.a. *Coroziunea microbiologică și combaterea ei*. București, IDT, 1968.
[9] Crolet J.—L. ș.a. Métaux, 1977, **52**, nr. 627, p. 395—405.
[10] Dobeš, F. Scr. Met., 1977, **11**, nr. 3, p. 231—232.
[11] Dobre, R. Rev. Chim., 1974, **25**, nr. 10, p. 829—832.
[12] Evans, U. R. *Korrosion, Passivität und Oberflächenschutz von Metallen*. Berlin, Springer, 1939 și Korrozia i okislenie metallov. Moskva, Mașghiz, 1962.
[13] Fessler, R. R. Pipe Line Ind., 1976, **44**, nr. 3, p. 37—39 și Oil and Gas J., 1976, **74**, nr. 7, p. 81—83.
[14] Fontana M. G., Greene N. D. *Corrosion Engineering*, New York, Mc Graw—Hill, 1967.
[15] Gatlin, L. W., Dean H. J. Oil and Gas J., 1975, **73**, nr. 40, p. 63—68.
[16] Glikman, L. A. ș.a. Him. i neft. mașinostr., 1976, nr. 10, p. 25—26.
[17] Golubev, A. I., Kadîrov, M. H. *Mater. po metal. konstr.* Moskva, Stroiizdat, 1972, nr. 16, p. 158—163.
[18] Gooch, T. G. Weld. Res. Suppl., 1974 (July), p. 288—298.
[19] Hache, M. A. *La corrosion des métaux en milieu humide*. Rueil-Malmaison, CELCC, 1969 și *La corrossion de l'acier par l'eau de mer*, Paris, CELCC, 1970.


* Numită coroziune sub sarcină, conform unor standarde. De la caz la caz, se mai numește, de asemenea, coroziune sub tensiune (mecanică), coroziune sub presiune etc.

* Greșit numită cavitație în unele standarde.

**Pila (elementul) de coroziune este pila electrică (elementul galvanic) ce apare ca urmare a interacțiunii metalului sau aliajului cu mediul corosiv dat. Curentul electric care apare ca rezultat al funcționării pilei de coroziune se numește curent de coroziune.

[20] Hochmann, J. *Corrosion sous tension des métaux ferrous*. Paris, CELCC, 1971.
[21] Iakovlev, D. A. Him. i neft. maşinostr., 1981, nr. 5, p. 33–34.
[22] Ilie, S. ş.a. Rev. Chim., 1975, **26**, nr. 5, p. 414–417 şi 1977, **28**, nr. 1, p. 44–47.
[23] Iuhnevici, R. *Tehnika borbi s korroziei*. Leningrad, Himia, 1978.
[24] Ivăşcanu, St. ş.a. Rev. Chim., 1973, **24**, nr. 9, p. 693–695.
[25] Juk, N. P. *Kurs teorii korrozii i zaşciti metallov*. Moskva, Metallurghia, 1976.
[26] Kuron, D. ş.a. Metalloberfläche, 1972, **26**, nr. 11, p. 413–420.
[27] Lazarev, G. E. Him. i neft. maşinostr., 1978, nr. 5, p. 21–23.
[28] Lee, R. P. Chem. Eng., 1976, **83**, nr. 19, p. 213–220.
[29] Lev V. Z. ş.a. Him. i neft. maşinostr., 1976, nr. 5, p. 21–22.
[30] Logan, H.L. *The stress corrosion of metalls*. New York, John Wiley, 1966 şi Moskva, Metallurghia, 1970.
[31] Mândru, G. ş.a. Rev. Chim., 1973, **24**, nr. 3, şi 8, p. 195–200 şi 630–634; 1974, **25**, nr. 9 şi 12, p. 735–740 şi 1003–1005.
[32] Mrowec, S. Proc. Smyp. Prop. High Temp. Alloys Emphasis Environ. Eff., Las Vegas (U.S.A.), 1976, Princeton, 1976, p. 413–463.
[33] Parkins R. N., Greenwell B. S. Metal Sci., 1977, **11**, nr. 8–9, p. 405–413.
[34] Pavel, A. *Elemente de inginerie mecanică (pentru petrochimie)*. Bucureşti, Ed. didactică şi pedagogică, 1981; Rev. Chim., 1981, **32**, nr. 1, şi 2, p. 71–81 şi 176–184.
[35] Pătraşcu, E., Vişa, C. Rev. Chim., 1976, **27**, nr. 9, p. 786–788.
[36] Piehl, R. L. Oil and Gas J., 1975, **73**, nr. 33, p. 119.
[37] Podlipski, L. A. ş.a. Ekspluat., moderniz. i remont oborud., 1974, nr. 5, p. 10–13.
[38] Pogodin, V. P. ş.a. *Mejkristallitnaia korrozia i korrozionnoe rastreskivanie nerjaveiuşcih stalei v vodnih sredah*. Moskva, Atomizdat, 1970.
[39] Pohmurski, V. I. *Korrozionno-ustalostnaia procinost stalei i metodi ee povişenia*. Kiev. Nauk. dumka, 1974.
[40] Popa, M. V. Petrol şi gaze, 1973, **24**, nr. 12, p. p. 764–769, respectiv 1974, **25**, nr. 2, şi 3, p. 99–103 şi 148–152; Rev. Chim., 1975, **26**, nr. 7, p. 591–595 şi 1976, **27**, nr. 10, p. 879–884.
[41] Rozenfeld, I. L. *Korrozia i zaşcita metallov (Lokalnie korrozionnie professi)*. Moskva, Metallurghia, 1970.
[42] Shreir, L. L. (Ed.) *Corrosion*, Vol. 1 a. 2. London – Boston, Newnes – Butterworths, 1976.
[43] Skalli, Dj. *Osnovi ucenia o korrozii i zaşcite metallov*. Moskva, Mir, 1978.
[44] Stoian, L. Rev. Chim., 1974, **25**, nr. 1 şi 2, p. 43–45 şi 146–150.
[45] Şerbănescu, C. ş.a. Rev. Chim., 1975, **26**, nr. 4, p. 322–327.
[46] Şparber I. S. ş.a. *Materiali, korrozia, svarka*. Moskva, Maşinostroennie, 1975, p. 167–176.
[47] Tufanov, D. G. *Korrozionnaia stoikost nerjaveiuşcih stalei*. Spravocinik. Moskva, Metallurgia, 1969.
[48] Vorobieva, G. I. *Korrozionnaia stoikost materialov v agressivnih sredah himiceskih proizvodstv*. Moskva, Himia, 1975.
[49] Vosikovsky, O., Cooke, R. J. Int. J. Pressure Vessels and Pip., 1978, **6**, nr. 2, p. 113–129.
[50] Waterhouse, R. B. *Fretting corrosion*. New York, Pergamon Press, 1972 şi *Fretting-korrozia*, Moskva, Maşinostroenie, 1976.
[51] Weidemann, R. Eurocor'77, 6th Eur. Congr. Metall. Corros., London, 1977, p. 521–524.
[52] Weiser, H. *Kavitation und Korrosion*. Darmstadt, Fak. für Maschinenbau der TH Darmstadt, 1970.
[53] Witschakowski, W., Spähn, H. Maschinenmarkt, 1976, **82**, nr. 47, p. 836–840.
[54] * * * *Itoghi nauki i tehniki. Ser. Korrozia i zaşcita ot korrozii*. Tom 2 şi 3. Moskva, VINITI (AN SSSR), 1973 şi 1974.
[55] * * * *Dégradation microbienne des matériaux*. Journée, Paris, 12 juin 1974. Paris, Technip, 1974.
[56] *0* * *Korrozionnaia stoikost reaktornih materialov*. Spravocinik. Moskva, Atomizdat, 1976.
[57] * * * *Galvanic and pitting corrosion-field and laboratory studies*. London, Heyden, 1976.
[58] * * * EUROCOR'77. 6th European Congress on Metallic Corrosion. London, 19–23 Sept. 1977. London, Soc. Chem. Ind., 1977.

# Cercetări complexe de laborator pentru cunoaşterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice

## I. Generarea hidrocarburilor

Geol. N. Balteş, geol. Elena Negrea, chim. Teodora Andreescu,
chim. D. Bălăianu, fiz. Alexandra Andrei
I.C.P.P.G. Cîmpina

### Introducere

Avanfosa carpatică — vastă unitate structurală care mulează la exterior orogenul cristalino-mezozoic, parţial flişul cretacic al Carpaţilor şi acoperă cu termenii săi neogeni platformele moesică şi moldovenească din faţă — reprezintă, prin alcătuirea sa geologică, un obiectiv de prim interes pentru hidrocarburi. Explorată intens şi dovedită ca purtătoare de zăcăminte de mare importanţă economică [11; 12] se apreciază că această unitate mai poate oferi perspectiva descoperirii de noi zăcăminte de hidrocarburi, fie în sectoare cu un grad de cunoaştere geologică mai redus, fie la adîncimi care însă nu au făcut obiectul unor investigaţii sistematice prin sonde.

În ansamblul de mijloace de cercetare utilizate pentru cunoaşterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi, s-a inclus, în ultima perioadă, şi o metodologie complexă de laborator, adaptată corespunzător scopului urmărit. Plecîndu-se de la premiza teoretică potrivit căreia în aprecierea perspectivelor în petrol şi gaze a unei regiuni sînt absolut necesare cunoaşterea rocilor-sursă, posibilităţile de migrare-acumulare şi conservare a hidrocarburilor în rezervor, aceste cercetări şi-au adus aportul în caracterizarea rocilor generatoare,

a calității și a cantității de hidrocarburi posibil generate ca și în aprecierea unor elemente majore ale migrației acestora, cum sînt caracterul primar sau migrat al zăcămintelor, sensul, etapele geologice, intensitatea, durata și amploarea migrației.

Pe plan mondial, deși se cunoaște că astfel de preocupări există, sînt publicate puține lucrări, rațiunile economice constituind, probabil, cauza principală a acestei situații. Tratînd de puține ori în mod complex problema cunoașterii proceselor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi, majoritatea lucrărilor publicate tratează diferite aspecte, de regulă strict metodologice, ale problemei. Se pot menționa totuși și publicații care, într-o manieră mai amplă sau mai restrînsă, caracterizează, în spiritul abordat în acest studiu, modul de formare a unor zăcăminte de hidrocarburi, ca de exemplu, bazinele Illizi—Algeria [15], Doula—Camerun [8], Uinta—S.U.A. [14], Gulf Coast — S.U.A. [10], Parisului [9], grabenului superior al Rinului [7] ș.a.

În țara noastră, tratarea complexă a căilor de formare a unor zăcăminte de hidrocarburi, metodologie care implică concentrarea mai multor criterii de analiză —, se practică în mod sistematic în cercetarea geologică petrolieră, pînă în prezent fiind realizate mai multe studii la I.C.P.P.G.—Cîmpina și cîteva articole Anton [1] Balteș [2; 3; 4; 5; 6].

Dată fiind aria vastă luată în considerare, lucrarea are un caracter orientativ și se prezintă în două părți publicate succesiv, consacrate generării și respectiv migrației și acumulării hidrocarburilor din flancul nordic al Depresiunii getice.

Existînd posibilitatea determinării caracterului „in situ" sau secundar (migrat) al unor zăcăminte de petrol, element care conduce implicit la cunoașterea modului de formare al zăcămintelor respective, unele modele generale de migrație și acumulare s-au aplicat prin extrapolare, principalelor acumulări de petrol din flancul nordic al depresiunii, încercîndu-se stabilirea condițiilor de formare ale acestora.

Din situația arătată mai sus rezultă că scopul principal al acestui material este de a preciza caracterul unor zăcăminte din această arie și etapele de migrație pentru cele secundare, ca și potențialul petroligen al acesteia.

## Metoda de lucru și proveniența materialului de studiu

Complexitatea problemei abordate, determinată în mare măsură de condițiile și factorii geologici specifici regiunii și, adesea, unor sectoare limitate din cuprinsul acesteia, a recomandat, în funcție de necesități și, mai ales, de posibilități, utilizarea unei metodologii diversificate, cel puțin în cazurile care necesitau o anumită etalonare sau care ridicau aspecte echivoce.

În afara utilizării cunoștințelor geologice generale, stratigrafice și tectonice, foarte numeroase pentru anumite sectoare ale flancului nordic al avanfosei Carpaților Meridionale care conferă regiunii un grad de cunoaștere relativ avansat, s-a insistat asupra unei metodologii de laborator aptă, ca aplicată în diferite situații geologice specifice regiunii, să permită obținerea unor date suplimentare necunoscute sau, fiind presupuse teoretic, neverificate încă practic.

Urmărindu-se practica obișnuită în astfel de studii, s-a adoptat următoarea succesiune de analize, dictată, fie de necesități, fie de posibilitățile de realizare practică a lor.

1. *Analize mineralogo-petrografice*

Acestea au avut ca scop caracterizarea, în detaliu, a unor depozite de interes pentru hidrocarburi, ca generatoare, rezervoare sau protecție. S-a insistat asupra oligocenului și helveținului, rolul lor în formarea zăcămintelor din aria cercetată fiind apreciat ca deosebit de important. Materialul analizat provine exclusiv din carote mecanice. Studiul mineralogo-petroligrafic a fost realizat prin mijloace clasice de lucru, analiza microscopică în secțiuni subțiri cu identificarea selectivă a compoziției mineralogice, extinzîndu-se la interpretarea raporturilor dintre mineralele autigene care oferă indicații asupra condițiilor de stabilitate chimică a bazinului de sedimentare în momentul considerat și mineralele alogene (detritusul gresiilor) care sugerează proveniența surselor terigene, tectonismul regiunii etc. În ansamblu, s-a căutat să se dea, pentru fiecare tip de depozit studiat, o caracterizare a faciesului sedimentologic, variațiilor de pH, diagenezei și evoluției tectonice a lor.

2. *Studiul palinologic*

Reprezintă criteriul care furnizează cele mai multe date, referindu-se, practic, la întreaga arie a flancului nordic al avanfosei meridionale și întreaga coloană stratigrafică, de la depozitele paleozoice ale Platformei moesice, care suportă depresiunea, pînă la cele pliocene ale acesteia.

În vederea realizării obiectivelor propuse, s-a folosit următoarea metodologie palinologică.

**a.** Analiza stratigrafică

**b.** Analiza potențialului petroligen, metodă complexă bazată pe studiul optic al materialului microvegetal fosil, exprimată prin: analiza calitativă și cantitativ-statistică a conținutului microvegetal; analiza în detaliu a fracțiunilor microfloristice acvatice (marine și/sau de apă dulce) de natură terestră, detritusului vegetal pe categorii de proveniență (palinoclaste), kerogenului; analiza optică a kerogenului în vederea precizării

naturii sale și rolului în formarea diferitelor tipuri de hidrocarburi; analiza translucenței materialului palinologic; analiza reflectanței vitrinitului (fuzinitului) și altor produși cărbunoși de diageneză („macerale"); analiza în spectrul ultraviolet (UV) a materialului microvegetal; analiza de culoare a materialului vegetal.

c. Analiza palinologică a apelor de zăcămînt

Practicată curent în cercetarea petrolieră din țara noastră, această metodă permite precizarea, cu suficientă certitudine, a caracterului primar sau secundar al unei acumulări de apă de zăcămînt (cu sau fără petrol). Interpretările selective, pe grupe crono-stratigrafice și al potențialului petroligen respectiv, fac posibilă, de asemenea, stabilirea etapelor și sensurilor migrației petrolului, întregind cunoașterea proceselor de formare a zăcămintelor.

3. *Analize geochimice*

Pentru completarea datelor privitoare la posibilitățile generatoare ale regiunii cercetate, s-au utilizat cîteva tipuri de analize curent practicate în astfel de cercetări, ca: substanța organică totală, hidrocarburile, nehidrocarburile (în p.p.m.), kerogenul (%), extrase din rocă; hidrocarburile totale, saturate, aromatice și nehidrocarburile (%) din extractul cu solvenți; analiza chimică elementară pentru C, H, O, parțial S; analiza în spectrul infraroșu (IR).

Rezultatele de analiză geochimică au servit la caracterizarea bituminologică a unor tipuri de roci, kerogenului și analizei elementare și în IR ca și comparării rezultatelor cu kerogenul obținut prin metode palinologice (separare gravitațională). De asemenea, C, H și O elementar au contribuit la caracterizarea principalelor tipuri de kerogen după diagrama Van Krevelen (fig. 1).

Pentru atingerea obiectivelor propuse, s-au luat în considerare peste 500 carote din flancul nordic, analizate palinologic integral, din care s-au realizat circa 100 de analize complexe cu rezultate concludente. Selecționarea materialului a căutat să acopere întreg flancul nordic, pornindu-se de la zăcăminte cunoscute. Se menționează că, în vederea creării unei cît mai complete imagini privind modul de formare a zăcămintelor de hidrocarburi, au fost luate în considerare numeroase alte sonde sau structuri de interes pentru hidrocarburi din sectoarele median și sudic.

Deoarece nu s-a dispus de ape de zăcămînt din toate structurile productive nordice, s-au analizat palinologic eșantioane de apă și din alte structuri sau sonde învecinate, însumînd peste 60 de analize, care au asigurat o caracterizare satisfăcătoare a rezervoarelor respective.

În urma interpretării complexe a rezultatelor de analiză, s-au caracterizat, în detaliu, sedimentologic, geochimic și palinologic, întreaga succesiune de depozite interceptată prin sonde în flancul nordic al depresiunii, de la senonian la pliocen, evidențiindu-se secvențele cu potențial petroligen pozitiv.

**Roci generatoare de hidrocarburi**

Interpretarea globală a tuturor datelor asupra condițiilor de generare din flancul nordic al Depresiunii getice a permis continuarea răspîndirii diferitelor roci-sursă ca și potențialului petroligen al acestora.

Oligocenul (mediu-superior) s-a determinat ca principal generator în flancul nordic și se caracterizează printr-o repartiție relativ continuă în toată zona, cu două nuclee de dimensiuni variabile, de generare optimă, respectiv țiței și gaze, în cantități mari. O primă zonă de generare optimă poate fi localizată în sectorul Tg. Jiu, care include structura respectivă, cu posibilități de extindere spre Ceauru la vest și Budieni la est. O a doua zonă de generare optimă are o dezvoltare mult mai mare, din sectorul Măldărești—Folești, la vest, pînă în structura Davidești, la est, cu posibilități de extindere spre Alunu și respectiv Boțești și chiar mai la est de rîul Dîmbovița.

Aceste zone sînt caracterizate printr-o conversie puternică a substanței organice primare, atît în țiței, cît și în gaze umede, potențialul ridicat al depozitelor respective constituind o premiză extrem de favorabilă pentru formarea unor zăcăminte importante în cuprinsul rociisursă și în depozite mai noi, neogene.

În jurul celor două nuclee de generare optimă, se situează depozitele oligocene cu un potențial petroligen limitat la gaze și, într-o măsură redusă, la țiței. Această zonă pare să fie distribuită pînă la un aliniament nordic, care unește sectoarele nord Tg. Jiu, Săcelu, Slătioru, Rm. Vîlcea, nord Curtea de Argeș (V. Danului) Domnești, cu posibilitatea continuării la est de rîul Dîmbovița. La sud zona respectivă se plasează pe aliniamentul Ceauru, Colibași—Gorj sud Negoești, Alunu, Bădeni, Gîltofani, Dedulești, Cotmeana, Merișani, Dobrești, Drăgăiești.

Generatorul oligocen apare și sub forma unei benzi, relativ continue, evidențiate la sudul precedentei (pentru zona extrem-nordică nu există date suficiente) cu generare slabă de gaze. Această zonă generatoare nu prezintă o importanță practică deosebită, ea intrînd în aria de interferență cu hidrocarburi generate de alte roci-sursă mai noi. Se observă astfel că, sub această formă de generare cel puțin, potențialul petroligen al oligocenului a acționat pe mai mult de jumătate din depresiune.

Burdigalianul inferior în facies evaporitic are slabe calități de generator,

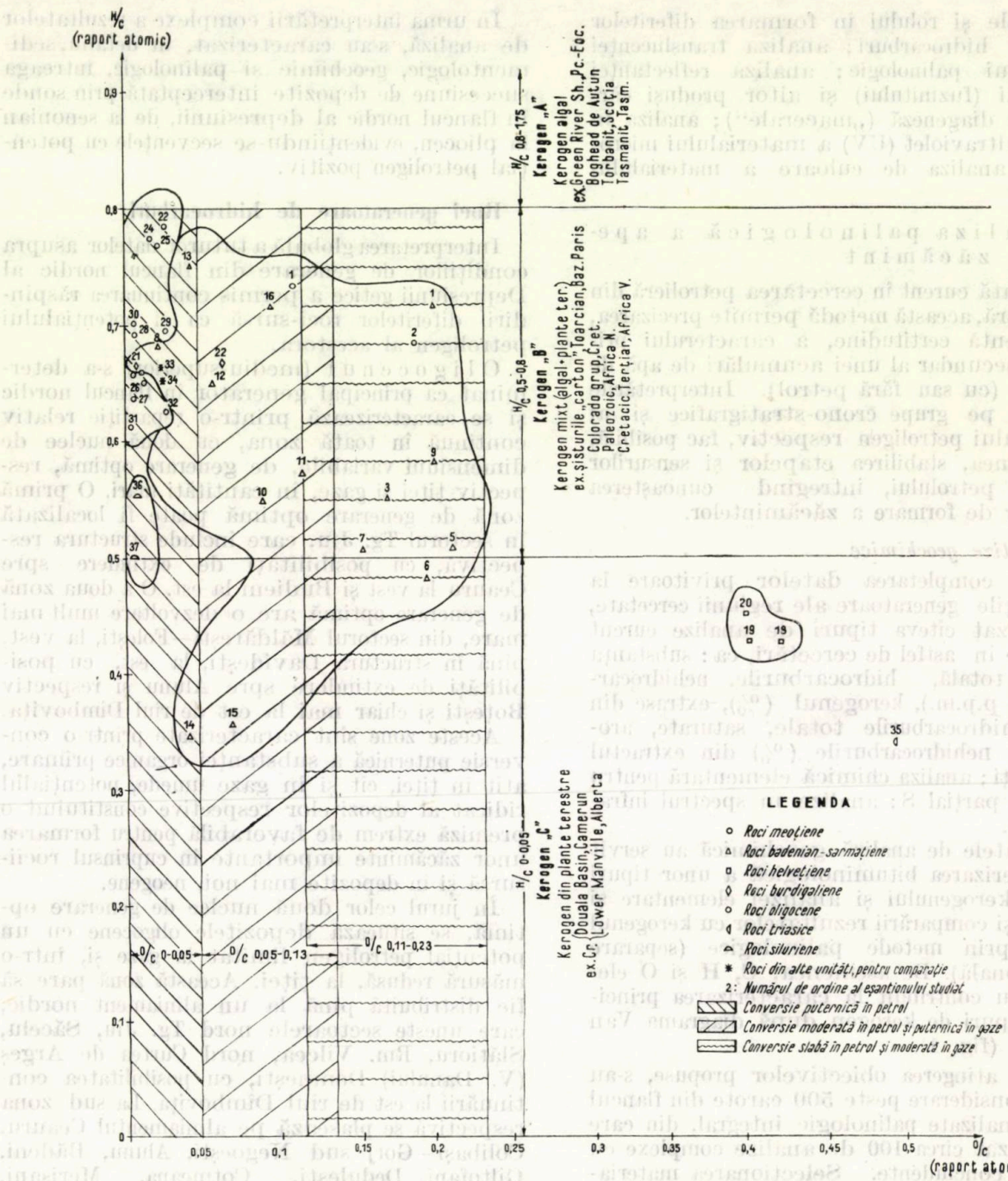



Fig. 1. Natura substanței organice și a kerogenului din unele roci generatoare de hidrocarburi din Depresiunea getică și potențialul petrolifer al acestora (după diagrama Van Krevelen, 1963, completată).

totuși nu trebuie omis din evaluarea perspectivelor petroligene ale flancului nordic. O arie restrînsă unde această secvență a putut genera gaze, a fost localizată între Otești—Folești la vest și Govora—Ocnele Mari la est. Deoarece mai există sectoare asemănătoare precedentului, ca acelea din vest, Bălești—Tg. Jiu—Budieni și în special din est, Băiculești—Dărmănești, se consideră că răspîndirea rocilor sursă burdigaliene nu este încă bine conturată, cercetări viitoare trebuind să fie concentrate, mai întîi, asupra acestor sectoare.

Badenian-volhinianul reprezintă în flancul nordic un generator modest, spre deosebire de aria sudică, epiplatformică mai ales, unde se constituie în cel mai puternic generator. În aria nordică se conturează două zone, relativ apropiate, între Tg. Jiu—Colibași—Gorj și Neogești—Alunu, caracterizate de posibilitatea de generare a gazelor

și subordonat țițeiului. În jurul acestor nuclee se apreciază, ca posibilă, desfășurarea unei aureole gazeifere, îngustă dar întinsă, între Cîlnic și Ocnele Mari și din nou apărută la Mălureni, cu extindere probabilă la est de rîul Dîmboviţa. Delimitarea exactă a acestei zone este dificil de realizat prin datele existente în prezent.

Meoţianul pelitic are o importanță nesemnificativă, ca generator în flancul nordic, apariția unor posibile acumulări de gaze pe aliniamentul Grădiște—Românești—Bădeni—Săpunari—Slătioarele—Bogați—Dragomirești datorîndu-se, foarte probabil, generatoarelor sudice ale depresiunii. Interpretat în ansamblu, potențialul petroligen al flancului nordic al depresiunii revine, în cea mai mare măsură, depozitelor oligocene medii-superioare în facies argilos și subordonat badenian-volhinianului în același facies. În sectorul Cîlnic, cu extindere spre Rogojelu la sud și Ceauru la est, acumulările de gaze pot fi datorate badeninan-volhinianului dar există și posibilitatea unor acumulări sub adîncimea de 3 000 m, încă insuficient explorată, care s-ar putea datora oligocenului.

### Palinologia apelor de zăcămînt

Etapă de studiu necesară în aprecierea mecanismelor de formare a zăcămintelor, analiza palinologică a apelor de zăcămînt s-a referit, în special, la cercetarea principalelor rezervoare din flancul nordic: Tg. Jiu, Colibași—Gorj, parțial Alunu, Folești și median-nordic: parțial Băbeni, Vîlcele, Boțești. Analize de ape au mai fost executate și din acumulări provenite din alte sectoare ale depresiunii, pentru comparație, ca: Țicleni, Bibești-Bulbuceni, Grădiștea, Galicea, Drăganu, Vața, Bogați, Cobia, Drăgănești.

Sintetizînd numeroasele date obținute, unele concluzii pentru flancul nordic se impun: materialul microvegetal, structurat sau rezidual, dă indicii prin care se pot caracteriza diferite roci din punctul de vedere al posibilităților de generare sau de acumulare a hidrocarburilor; în flancul nordic al Depresiunii getice s-au evidențiat calitățile bune de rocă generatoare ale unor secvențe oligocene superioare și badenian-sarmațiene și slabe generatoare în burdigalianul lagunar; cele mai importante acumulări de țiței din această arie, care revin helveţianului, sînt secundare, apele lor de zăcămînt conținînd, în mod constant, elemente microvegetale de altă vîrstă decît colectorul; în ansamblu, acumulările din oligocen sînt primare deși fenomene de migrație în cuprinsul etajului sînt foarte probabile.

### Concluzii

Deși metodologia utilizată are la bază mijloace clasice de investigare în laborator, valorificarea complexă a datelor, în contextul unei interpretări bazată pe concepții moderne asupra formării și ocurenței hidrocarburilor, a condus la obținerea de rezultate care, verificate în teren, vor putea contribui la proiectarea de noi lucrări geologice pentru hidrocarburi, atît în unitatea cercetată, cît și, prin unele modele create, în alte unități din țară.

Prin cercetarea mineralogico-petrografică s-au caracterizat tipurile de roci întîlnite în flancul nordic al Depresiunii getice, scoțindu-se în evidență parametrii cei mai importanți pentru identificarea rocilor generatoare și colectoare.

Cercetarea geochimică a precizat cantitatea și calitatea substanței organice și potențialului petroligen al materialului cercetat.

Cercetarea palinologică a fost utilizată la: orizontarea și corelarea stratigrafică de detaliu (pînă la nivel de subetaj) a întregului material de sondă din regiune ca și din cele mai importante aflorimente de pe ramă; determinarea potențialului petroligen al întregii coloane stratigrafice, de la cretacicul superior la pliocen; stabilirea caracterului primar sau secundar al principalelor rezervoare de hidrocarburi din flancul nordic.

Ca o primă etapă, în vederea cunoașterii modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic, s-a stabilit potențialul petroligen al depozitelor respective, evidențiindu-se secvențele cu potențial petroligen ridicat ce pot constitui roci-sursă. În ordinea importanței pentru flancul nordic, acestea sînt:

1—oligocenul mediu-superior, argilitic, parțial în faciesul de Pucioasa;

2—badenian-volhinianul pelitic;

3—local și slab, burdigalianul inferior argilitic în facies lagunar;

4—slab și cu totul local, helveţianul superior în faciesul șisturilor calcaroase și meoţianul inferior-mediu pelitic.

Datele privind palinologia apelor de zăcămînt, coroborate cu analiza stadiului diagenetic, au stabilit că:

- acumulările de țiței din oligocen sînt generate în cuprinsul aceluiași etaj, deci sînt primare;
- acumulările din burdigalianul superior conglomeratic și mai ales din helveţian se datoresc, în cea mai mare măsură, oligocenului, rezervoarele respective fiind, evident, secundare;
- slabe acumulări de hidrocarburi miocene superioare și pliocene (mai ales gaze) se datoresc generatorului badenian-volhinian;

• este posibil ca în anumite sectoare cum este, de exemplu Oteşani—Foleşti, acumulările din burdigalianul superior şi helveţian să se datoreze, într-o măsură redusă, şi burdigalianului inferior lagunar.

**Bibliografie***

(selecţionată)


[1] Anton, S. *Condiţiile de geneză a hidrocarburilor din Pliocenul subcarpatic al Munteniei.* Petrol şi Gaze, **24**, nr. 9, 1975 p. 543—549.

[2] Balteş, N. *Consideraţii asupra relaţiilor dintre gradul de metamorfism al materialului organic din apele primare de zăcământ şi potenţialul petroligen al stratului purtător.* Petrol şi Gaze, **24**, nr. 12, 1973, p. 727—730.

[3] Balteş, N. *Investigaţii şi perspective ale cercetării palinologice privind rolul temperaturii în formarea petrolului.* Mine, Petrol şi Gaze, **27**, nr. 10, 1976, p. 444—451.

[4] Balteş, N. *Consideraţii palinologice privind geneza hidrocarburilor şi unele roci-sursă din România.* Mine, Petrol şi Gaze, **29**, nr. 10, 1978, p. 476—485.

[5] Balteş, N. *Metamorphism of different types of organic matter from sedimentary rocks of Romania and their importance for oil generation. Proc. 10th. World Petr. Congr.*, Bucharest, 1979, $PD_1$, p. 43—47.

[6] Balteş, N. *Consideraţii palinologice privind diageneza sedimentelor la adîncimi mari şi formarea zăcămintelor de hidrocarburi în România.* Mine, Petrol şi Gaze, **31**, nr. 7, 1980, p. 334—355.

[7] Doebl, F et. al. *Diagenesis of Tertiary clayey sediments and included dispersed organic matter in relationship to geothermics in the Upper Rhine Graben.* Aproaches to Taphrogenesis. Schweiz. Verlagsbuchhd., Stutgart, 192—1207.

[8] Durand, B., Espitalié, J. *Geochemical studies on the organic matter from the Douala Basin (Cameroon).* Geochim. Cosmochim. Acta, **40**, 1975, p. 801—808.

[9] Huc, A. Y. *Mise en evidence de provinces géochimiques dans les schistes bitumineux du Toarcien de l'Est du Bassin de Paris.* Rev. Inst. Pétr., **31**, 1976, p. 333—353.

[10] Laplante, R. E. *Hidrocarbon generation in Gulf Coast Tertiary sediments.* BAAPG, **58**, 8, 1974, p. 1281—1289.

[11] Paraschiv, D. *Geologia zăcămintelor de hidrocarburi din România.* Inst. Geol. Geofiz., St. Tehn. Ec., A., **10**, 1975, p. 363.

[12] Paraschiv, D. ş.a. *Zona petroliferă de la Vîlcele.* Mine, Petrol şi Gaze, **26**, nr. 9, 1975, p. 417—422.

[13] Phillipi, G. *On the depth, time and mechanism of petroleum generation.* Geochim. et Cosmochim. Acta, **29**, 1965, p. 1 021—1 069.

[14] Tissot, B., Deroo, G., Hood, A. *Geochemical study of Uinta Basin: Formation of petroleum from the Green River Formation.* Geochim. Cosmochim. Acta, **42**, 1978, p. 445—451.

[15] Tissot, B. ş.a. *Origine et migration des hydrocarbures dans le Sahara oriental (Algérie).* In Advances in Organic Geochemistry, Ed. TEHNIP, 1978, p. 315—334.

[16] Tissot, B., Welte, D. *Petroleum Formation and Occurence.* Springer—Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1978, p. 568.


* Bibliografia referitoare la geologia Depresiunii getice şi metodologie este prezentată, pe larg, în tema nr. 440/1980 I.C.P.P.G. Cîmpina, arhiva Ministerului Petrolului.

# INFORMAŢII

## Simpozionul ştiinţific

## Valorificarea superioară a substanţelor minerale utile

*Petroşani, 11 — 12 decembrie 1981*

În zilele de 11—12 decembrie 1981 s-au desfăşurat la Institutul de Mine din Petroşani lucrările Simpozionului ştiinţific cu tema **„Valorificarea superioară a substanţelor minerale utile"**.

După şedinţa plenară de deschidere a simpozionului, prezidată de prof. dr. ing. D. Fodor — rectorul institutului —, lucrările s-au desfăşurat în cadrul a patru secţii.

*

În cadrul secţiei *Tehnologia exploatării zăcămintelor de substanţe minerale utile* au fost prezentate 13 lucrări din domeniile: exploatări miniere la zi şi în subteran; topografie minieră; săpări şi susţineri de lucrări miniere; protecţia muncii; matematici aplicate în minerit.

Lucrările reprezintă rezultatul unor cercetări şi experimentări în legătură cu o serie de probleme de o mare importanţă practică pentru unităţi miniere din ţara noastră, cu referire la:

• stabilirea unor tehnologii de rambleiere, în scopul valorificării zăcămintelor de minereuri, realizările obţinute referindu-se, atît în cazul folosirii rambleurilor consolidate, cît şi a celor neconsolidate;

• folosirea raţională a utilajelor din cariere şi eliminarea locurilor înguste, prin punerea în evidenţă a gradului de utilizare a utilajelor tehnologice, a cauzelor care conduc la întreruperi accidentale şi a măsurilor care se impun pentru eliminarea acestora;

• stabilirea unghiurilor de scufundare a suprafeţei prin urmărirea deplasării acesteia sub influenţa spaţiului subteran exploatat, unghiuri ce folosesc la calculul rezervelor imobilizate în pilierii de siguranţă, în vederea dimensionării lor corecte;

• modul de deformare în timp a lucrărilor miniere de deschidere şi prognozarea acesteia în funcţie de diverşi factori, modelele matematice stabilite în acest sens putînd servi la alegerea tipului raţional de susţinere în raport cu condiţiile concrete existente;

• stabilirea provenienţei migrării şi degajării gazului metan în lucrările miniere şi a măsurilor pentru exploatarea în condiţii de siguranţă;

• utilizarea schemelor potenţiale în vederea reglării sistemelor de aeraj, distribuţiei raţionale a pierderilor de sarcină în reţea, a construcţiilor de aeraj şi a ventilatoarelor secundare şi pentru studiul acţiunilor preventive împotriva focurilor

Lucrările din domeniul matematicii aplicate în minerit și-au propus să rezolve o serie de probleme practice pornind tocmai de la condițiile specifice mineritului. În acest sens, considerîndu-se aceste condiții ca fiind nedeterministe, se prezintă o serie de aplicații în probleme de conducere ale conceptului de entropie sau se propune o metodă nouă referitoare la aplicarea formulelor de calcul aproximativ al integralelor la determinarea rezervelor de lignit; de asemenea se propune o metodă de reprezentare analitică a diagramelor, ceea ce asigură posibilitatea studierii unor legități exprimate de aceste diagrame cu ajutorul calculatoarelor electronice; sînt studiate și proprietățile unor varietăți geometrice (curbe și suprafețe) care descriu fenomene miniere (realizarea taluzului prin tăierea cu excavatoare și stabilitatea acestuia).

La lucrările secției au participat specialiști din producție și de la institutele de cercetare-proiectare de profil din țară.

*

În cadrul secției *Valorificarea zăcămintelor de substanțe minerale utile* au fost susținute 14 lucrări, prezentate de autori de la C.C.S.I.T.U.M. Satu Mare, U.U.M.R. Crișcior, I.M. Aghireș, uzinele de preparare din Valea Jiului, cadre didactice de la Institutul de Mine Petroșani.

Tematica abordată în aceste lucrări — de importanță majoră în valorificarea substanțelor minerale utile — se referă, în principal, la: proiectarea și introducerea în practică a unor utilaje de preparare cu performanțe tehnologice deosebite (mașini de flotație de mare capacitate, separator în medii dense etc.), studiul proprietăților și a comportării unor ferofluide și soluții de săruri paramagnetice utilizabile la separarea unor substanțe minerale utile, posibilități de reducere a energiei consumate în procesul măcinării, conducerea cu calculatorul de proces a desecării cărbunelui etc.

La lucrările secției au paticipat — în afara colectivelor de autori — ingineri din întreprinderile miniere din Valea Jiului, cadre didactice, studenți.

Dezbaterile pe marginea lucrărilor au avut drept rezultat sublinierea contribuției fiecărei cercetări la rezolvarea unor probleme teoretice și practice, cunoașterea activității în domeniul cercetării științifice, atît a cadrelor didactice din institut, cît și a specialiștilor din cercetare, proiectare și producție, stabilirea de contacte și propuneri pentru viitoare colaborări interdisciplinare.

*

Cele 24 de lucrări susținute în cadrul secției *Mecanizarea proceselor tehnologice în industria extractivă* s-au referit, în principal, la:

- realizări și tendințe în construcția echipamentelor pentru abatajele cu front lung ale minelor de cărbuni;
- standuri de încercare și verificare, probleme de fiabilitate a utilajelor miniere și a sistemelor hidraulice ale acestora;
- sisteme pentru îmbunătățirea aerajului din puțurile de transport și aeraj;
- comportarea la tăiere a lignitului cu aplicații la alegerea și adaptarea utilajului de tăiere adecvat;
- îmbunătățirea calității și siguranței în funcționare a instalației de perforare IMP-2;
- soluții pentru gazeificarea subterană a lignitului;
- utilaje pentru perforare în lucrările miniere greu accesibile și de secțiune mică;
- metodologii de dimensionare și verificare a lanțurilor calibrate pentru combine și a rezistenței pieselor din aluminiu;
- exploatarea rațională a excavatoarelor cu rotor;
- procedeu nou de îndoire la rece a țevilor de diametre mici.

Din discuțiile purtate, la care au participat, pe lîngă cadre didactice, specialiști de la C.M.V.J. și alte unități miniere, institute de cercetări și proiectări, uzine constructoare de utilaj minier s-au desprins următoarele:

— toate lucrările au prezentat interes deosebit pentru activitatea productivă, multe din ele putîndu-se aplica imediat;

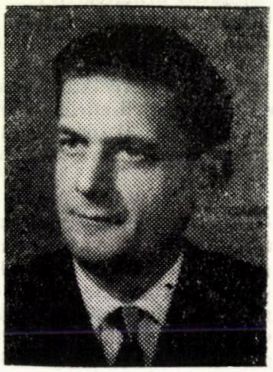
— necesitatea continuării cercetărilor pentru unele teme, în ideea perfecționării și sporirii eficienței lor;

— necesitatea continuării și permanentizării dialogului învățămînt-cercetare-producție care s-a dovedit extrem de util.

*

Lucrările secției *Electrificarea și automatizarea minelor* și a *mesei rotunde* s-au desfășurat cu participarea cadrelor didactice din catedra de electrotehnică a I.M.P., ingineri șefi electromecanici de la întreprinderile miniere din Valea Jiului, specialiști din cercetare și proiectare din institutele de profil, studenți. Au fost susținute un număr de 16 lucrări științifice, care au abordat problematica automatizărilor din industria minieră, respectiv stadiul actual și direcțiile de dezvoltare în acest domeniu. Au urmat dezbateri ale participanților asupra lucrărilor expuse și anume asupra contactorului static în construcție antigrizutoasă, a stației de telemecanică în cod de impulsuri, a traductoarelor și echipamentelor de comutație statică pentru automatizarea instalațiilor de extracție a instalațiilor electrice pentru abataje mecanizate, a utilizării calculatoarelor electronice în modelarea unor procese miniere etc. Au fost susținute, de asemenea, lucrări din domeniul electrificărilor în industria minieră privind utilizarea redondanței active în schemele de alimentare cu energie electrică, utilizarea calculatoarelor electronice la realizarea unor nomograme pentru calculul rețelelor electrice, precum și din domeniul automatizărilor uzinelor de preparare. În final s-a apreciat modul de desfășurare al dezbaterilor din cadrul simpozionului și al mesei rotunde la această secție și s-au reliefat multiplele posibilități de aplicare în practică a cercetărilor realizate. Lucrările simpozionului și a mesei rotunde s-au încheiat în ideea că această acțiune a avut o semnificație și o importanță deosebită pentru industria minieră și se impune ca astfel de manifestări să se organizeze permanent.

## Ing. MERA FRIDERICH



În ziua de 25 octombrie 1981 a încetat din viață, în plină activitate, inginerul minier **FRIDERICH MERA**, directorul Exploatării miniere Călimani.

Friderich Mera, provenit dintr-o familie de mineri din Vulcan — Valea Jiului, a lucrat ca miner la minele Aninoasa, Roșia Montană și Ghelar.

În anul 1954 a terminat Institutul de Mine din Petroșani, după care lucrează la Vadu Dobrii, Ghelar și Băița-Crăciunești.

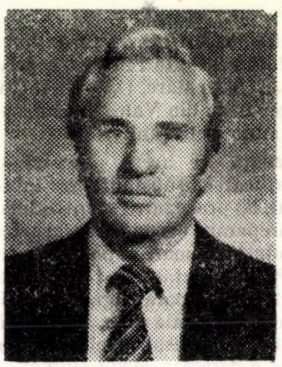
Datorită calităților sale deosebite, în anul 1966 este transferat de conducerea ministerului la minele din nordul Moldovei, unde lucrează ca șef de exploatare la E.M. Leșu Ursului, director la E.M. Fundu Moldovei, șef serviciu producție în C.M. Suceava, iar din anul 1980 director la E.M. Călimani.

Pentru aportul adus în cei 37 de ani de activitate, a fost distins cu medalii și Ordinul Muncii clasa a III-a.

Prin dispariția inginerului Friderich Mera, oamenii muncii de la Exploatarea minieră Călimani și Combinatul minier Suceava pierd un valoros conducător, un bun colaborator și tovarăș de muncă, în acțiunea de punere în exploatare și valorificare a zăcămîntului de sulf din Munții Călimani.

*Consiliul oamenilor muncii*
*din*
*Combinatul minier Suceava*

## Ing. MARIȚ MIHAIL



La 30 noiembrie 1981 s-a stins din viață, după o grea suferință, inginerul **MARIȚ MIHAIL**.

Născut la data de 4 noiembrie 1927, în orașul Bălți, Mariț Mihail se trage dintr-o familie muncitorească.

În anul 1954 a terminat Facultatea de geologie a Institutului de petrol și gaze din București, după care și-a început activitatea la I.S.E.M. pe șantierele de la Somova și din nordul Olteniei, apoi la I.S.P.H., unde a dat viață studiilor geotehnice la marile obiective hidroenergetice de la Bicaz și Porțile de Fier.

Dotat cu calități morale și profesionale deosebite, Mariț Mihail a adus contribuții însemnate la elaborarea de proiecte și studii de cercetare. Astfel, din anul 1966, prin trecerea la activitatea de cercetare și proiectare la ICEMIN, I.G.P.S.M.S, apoi la I.C.I.T.P.I.L.C.I.M. Deva — S.P.O.M. București, el a participat activ la rezolvarea problemelor geotehnice pentru carierele de lignit din bazinele Rovinari, Jiet și Oltet, carierele de minereuri cuprifere de la Moldova Nouă, ca și pentru șisturile bituminoase de la Anina și Doman.

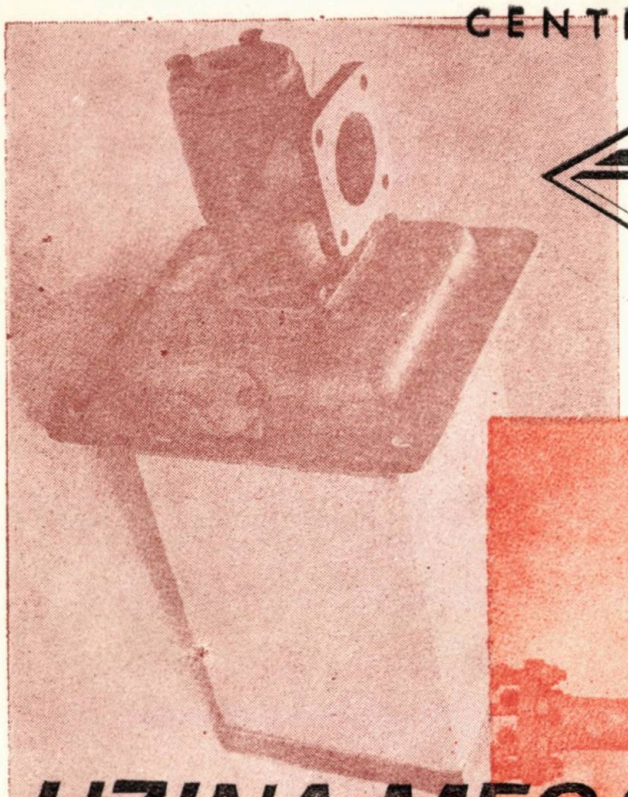
În întreaga lui activitate a căutat să se apropie de oamenii cu care colabora, preocupîndu-se de problemele colectivului în care activa, bucurîndu-se astfel de încrederea și de stima tuturor.

Prin dispariția inginerului Mariț Mihail mineritul din țara noastră pierde un bun specialist în probleme legate de stabilitatea haldelor de roci și minereuri, iar colegii pierd un tovarăș devotat și un colaborator valoros.

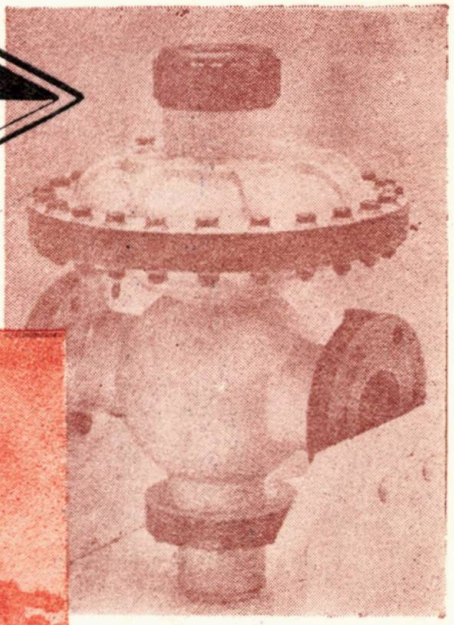
Amintirea lui va fi mereu trează în inimile noastre și lipsa lui o vom simți întotdeauna.

*Colegii*

CENTRALA GAZULUI METAN



UMGM
MEDIAŞ



# UZINA MECANICĂ GAZ METAN MEDIAŞ

## PRODUCE:

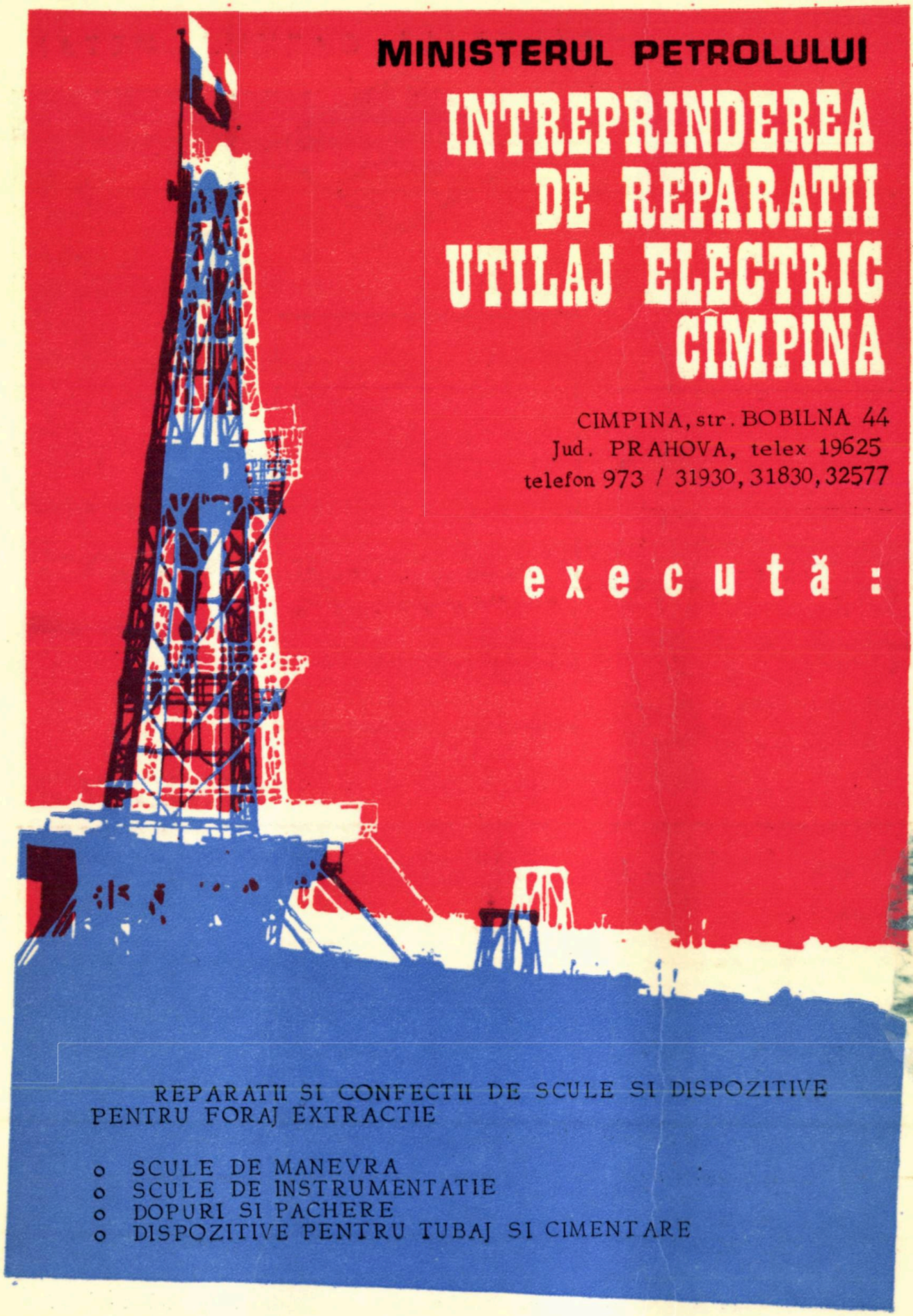
- Arzătoare industriale pentru cuptoare de forjă şi tratament termic (TD ; Gc ; ARG ; AGP ; AGM ; GAR ; GARI şi TRICEM )
- Arzătoare industriale pentru petrochimie ( ALCP ; AGSK ; AIGA ; şi AFCH )
- Aparatură pentru reglarea debitului de gaz metan
- Regulatoare de uz industrial cu acţionare indirectă ( $RPA_3$ şi $RPA_5$ )
- Regulatoare de uz industrial cu acţionare directă ( RPG )
- Clapete simple şi duble de reglare a debitului de aer şi gaz cu servomotor electric pentru acţionare
- Aparatură pentru măsurarea debitului de gaz metan
- Supape de siguranţă cu arc pentru presiuni reglate pe stand ( Dn )
- Instalaţii de probă sub presiune de 1000 kgf / $cm^2$

CONFECTII DE UTILAJ PETROLIER

- Fitre pentru gaz metan
- Turle de producţie
- Staţii pentru reglarea şi măsurarea debitului de gaz metan

MEDIAS, Str. Expoziţiei nr. 4, telefon : secretariat 11864, telex 49741

1982 MAI 25



MINISTERUL PETROLULUI

# INTREPRINDEREA DE REPARAȚII UTILAJ ELECTRIC CÎMPINA

CIMPINA, str. BOBILNA 44
Jud. PRAHOVA, telex 19625
telefon 973 / 31930, 31830, 32577

## execută :

REPARATII SI CONFECTII DE SCULE SI DISPOZITIVE PENTRU FORAJ EXTRACTIE

- SCULE DE MANEVRA
- SCULE DE INSTRUMENTATIE
- DOPURI SI PACHERE
- DISPOZITIVE PENTRU TUBAJ SI CIMENTARE

E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, februarie 1982

2

MINING MINISTRY

# INSTITUTE FOR RESEARCH, TECHNOLOGICAL ENGINEERING AND DESIGN FOR NON-FERROUS ORES

BAIA MARE, 62, Dr. Victor Babeş str. Phone : 30412 ; 31171 ; 30818 ;
Telex : 33267 . Code : 775174.
District Maramureş ROMANIA

## EXECUTES AND SUPPLIES

## FOR ITS INTERNAL AND EXTERNAL CUSTOMERS

Research works and technical-economic documentation for planning the extraction and processing of non-ferrous ores, gold and silver, rare and radioactive ores for :

- o systems and methods of exploitation, digging, timbering, drilling and perforating in mining, including surveys on the mechanics of rocks and control of mining pressures ;
- o measuring of the dusting degree and dust control, studies on the microclimate in mines and ore dressing plants, including studies of mining medicine for preventing and controlling ocupational diseases ;
- o technologies for ore dressing of useful minerals substances and for complex processing of ores, poor polimetallic products and residues on laboratory, micropilot, pilot, semiindustrial and industrial scale ;
- o syntheses and experimentation of new reagents for flotation and complex processing of useful mineral substances ;
- o documentation for equipment, mechanisation and automation of technological processes in mines and ore dressing plants ;
- o environment protection through, depollution of mine waters and waste waters from ore dressing plants ;
- o economic analyses, optimisation of production processes, scientific management of production and work economy and psychology, prognoses for development of science and technology in extraction and processing of non-ferrous ores ;
- o technical and economic documentation regarding investments for mining and ore dressing projects .

GRANTS TECHNICAL ASSISTANCE for technological flow improvement, modernization of mines and ore dressing installations, application in production of completed researches and the commissioning of economic projects designed by the institute.

### ALSO EXECUTES AND SUPPLIES :

- o chemical and physical analyses by spectral, photometric and other methods, mineralogical analyses and studies, analyses of oil and reagents ;
- o work with radioactive isotopes ;
- o limited-series prototypes and models of equipment and apparata for non-ferrous mining and ore dressing ;
- o bibliographical syntheses and researches, translations, duplications, films.

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XXXIII

Nr. 2 1982


OR. SZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS OSZTÁLY 1983

## CUPRINS


*Fodor, D.* **Noi posibilităţi de valorificare integrală a marmurelor.** 57

*Iliaş, N., Surulescu, D. şi Bogdan, Al.* **Determinarea stării de maximă solicitare la susţinerea mecanizată SMA-1 în condiţiile stratului 3 din Valea Jiului.** 62

*Mihăilescu Lidia, Păsculescu Georgeta şi Vasilescu Adriana* **Cercetări privind deshidratarea sterilelor de flotaţie în vederea utilizării lor ca materie primă în industria materialelor de construcţii.** 64

*Koch, R.* **Optimizarea parametrilor principali de aeraj a lucrărilor miniere şi a conductelor miniere — factor important de reducere a consumului de energie în minerit** 69

*Mitran, I.* **Asupra unor măsuri entropice utilizabile în industria minieră.** 80

*Balteş, N., Negrea Elena şi Bălăianu, D.* **Cercetări complexe de laborator pentru cunoaşterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice (II).** 87

*Pavel, A.* **Citeva probleme de anticoroziune şi antieroziune.** 92

**Informaţii**



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ,** preşedinte ; dr. ing. **GHEORGHE ALDEA** ; ing. **ŞTEFAN BENEA** ; dr. geol. **IOSIF BERCIA;** ing. **TEODOR BORU;** dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU;** ing. **VIRGIL FĂTU;** dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ** ; dr. ing. **FLOREA NEAGU;** ing. **NICOLAE PANTILIE; ELENA VRĂNCEANU,** redactor.


## REZUMATE


C.Z. 622.355.3 :622.271

F o d o r, D. *Noi posibilităţi de valorificare integrală a marmurelor*

Se arată modul în care poate fi valorificată masa minieră, rămasă în cariere după sortarea blocurilor detaşate din masiv, precum şi posibilităţile de purificare a apei industriale şi recuperarea pulberilor care pot avea o largă utilizare în diverse ramuri industriale.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

C.Z. 622.281 :65.011.54 :622.33

I l i a ş, N. ş.a. *Determinarea stării de maximă solicitare la susţinerea mecanizată SMA-1 în condiţiile stratului 3 din Valea Jiului*

Se prezintă caracteristicile susţinerii, variaţia reacţiei din stîlp şi alte date specifice determinate cu ajutorul calculatorului Felix C-256. Se arată concordanţa dintre determinările analitice şi măsurătorile din subteran, ceea ce dă siguranţă la proiectarea acestui utilaj.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

C.Z. 658.272 :691. :622.765

M i h ă i l e s c u L i d i a, P ă s c u l e s c u G e o r g e t a şi V a s i l e s c u A d r i a n a *Cercetări privind deshidratarea sterilelor de flotaţie în vederea utilizării lor ca materie primă în industria materialelor de construcţii*

Se prezintă tehnologiile cercetate în ţară şi în străinătate în vederea obţinerii unor şlamuri sterile valorificabile şi se optează pentru căile de valorificare corespunzătoare caracteristicilor şlamului steril rezultat din instalaţiile de preparare din Valea Jiului. Se pune un accent deosebit pe avantajele valorificării şlamului steril în industria materialelor de construcţii.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

C.Z. 622.41 :621.311.1

K o c h, R. *Optimizarea parametrilor principali de aeraj a lucrărilor miniere şi a conductelor miniere — factor important de reducere a consumului de energie în minerit*

Se determină relaţii de calcul şi diagrame cu caracter practic pentru stabilirea parametrilor principali de aeraj în cazul lucrărilor miniere şi a conductelor de aeraj pentru diferite situaţii, pe baza cheltuielilor de energie necesare realizării şi exploatării acestora.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2 , 1982

C.Z. 622.01 :65.012.45

M i t r a n, I. *Asupra unor măsuri entropice utilizabile în industria minieră*

Pe baza entropiei clasice a lui Shannon se prezintă cîteva generalizări şi aplicaţii cu ajutorul unor programe FORTRAN privind analiza gradului de concentrare, de organizare, precum şi probleme de predicţie legate de un sistem de producţie întîlnit în activitatea minieră.

Mine, Petrol şi Gaze, vol 33, nr. 2, 1982

C.Z. 553 :98 :65.012.1

B a l t e ş, N., N e g r e a E l e n a şi B ă l ă i a n u, D. *Cercetări complexe de laborator pentru cunoaşterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice. II. Migraţia şi acumularea hidrocarburilor*

Luîndu-se în considerare raporturile dintre rocile generatoare şi colectoare în contextul tecto-genetic, se fac aprecieri de detaliu asupra migraţiei şi acumulării hidrocarburilor în regiune. Se evidenţiază caracterul primar al zăcămintelor oligocene şi secundar al celor miocene şi pliocene, indicîndu-se unele zone care întrunesc condiţii favorabile de exploatare pentru hidrocarburi.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2 , 1982

C.Z. 620.193

P a v e l, A. *Cîteva probleme de anticoroziune şi antieroziune*

Se expun unele dintre problemele actuale ale pasivării, dezactivării şi inhibării, protecţiei anticorozive, prevenirii şi combaterii coroziunii, prezentîndu-se soluţii practice corespunzătoare. Se analizează, totodată, cîteva dintre implicaţiile distinctive ale cavitaţiei şi eroziunii, sugerîndu-se măsuri tehnice de protecţie anticorozivă.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr 2, 1982

# CONTENTS


C.Z. 622.355.3 :622.271

F o d o r, D. *New ways for integral use of marble*

The way in which one can be used the remaining mass of rock in a marble quarry after sorting the blocks as well as the possibilityes to clear the industrial water and to save the powders for a wide utilization in different industrial branches are shown.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.281 :65.011.54 :622.33

I l i a ş, N. et al. *Establishing maximum tenssion state for the walking support SAM-1 in the case of the seam No 3 from Valea Jiului*

The main features, the variation of post reaction and other specific data established with the help of the computer type FelixC-256 are presented. The agreement between the analytical data and the underground measurements giving a good base in projecting this mining equipment is shown.

Mine, Petrol şi Gaze, vol .33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 658.272 :691. :622.765

M i h ă i l e s c u L i d i a et al. *Research works on flotation waste dewatering in order to use it as raw-materials in building materials industry*

Homeland and abroad technologies to obtain waste mud eble to be valorised as those resulting from the coal washing plants from Valea Jiului are presented. The advantages to valorise this waste mud for the benefit of the building materials industry are underlined.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.41 :621.311.1

K o c h, R. *Optimization of the main ventilation caracteristics of the mining works and pipes in order to save energy*

Calculation relations and diagrams to establish optimal parameters for ventilation in different situations based on minimum energy consummption are shown.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.01 :65.012.45

M i t r a n, I. *On some entropic mesures useful in the mining industry*

Based on the Shannon classical entropy several generalizations and applications with the help of FORTRAN language programms regarding the analysis of the concentration and organisation as well prediction problems in connection with a production system to be met in the mining activity are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 553.98 :65.012.1

B a l t e ş, N., N e g r e a E l e n a and B ă l ă i a n u, D. *Complex laboratory studies for the Knowledge of oil field formation model in the northern area of the Getic Depression (II). Migration and accumulation of hydrocarbons*

Taking into account thex relations between oil source and reservoir rocks, in the tecto-genetic regional context, detailed considerations on hydrocarbon migration and accumulation are made. There are pointed out the primary position of Oligocene reservoirs and the secondary of the Miocene and Pliocene ones, some favourable areas for oil exploration being indicated.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 620.193

P a v e l, A. *Some problems abont the corrosion and erosion control*

Some present problems on making passive, unactive and on the inhibition, protection corrosion control, prevention and corrosion control with practical solutions are presented. Also some clear implications of the cavity and erosion phenomena together with suggestions on technical measures to control corrosion are shown.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982


---

# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.355.3 :622.271

Ф о д о р, Д. *Новые возможности полного использования мрамора*

Описываются способы использования горной массы, оставшейся в карьере, после сортировки вынутых из массива блоков, а также возможности очистки промышленных вод и извлечение порошка, который может иметь широкое использование в различных промышленных отраслях.

К л ю ч е в ы е с л о в а: полное использование, мрамор

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.281 :65.011.54 :622.33

И л и а ш, Н. и др. *Определение состояния максимальной нагрузки механизированной крепи СМА-1 в условиях пласта № 3 бассейна Валя Жиулуй*

Представлены характеристика крепи, изменение реакции стойки и другие специфические данные, которые были определены с помощью ЭВМ Феликс С-256. Указывается соотношение между аналитическими определениями и подземными измерениями, представляющее надежность при проектировании данного обрудования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: максимальная нагрузка, механизированная крепь СМА-1, пласт № 3, бассейн Валя Жиулуй

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 658.272 :691 :622.765

М и х э и л е с к у Л и д и я, П э с к у л е с к у Д ж е о р д ж е т а и В а с и л е с к у А д р и а н а *Исследования по обезвоживанию флотационных хвостов в целях использования в качестве сырья в промышленности стройматериалов*

Представлены технологии, исследованные в СР Румынии и за рубежом в целях получения используемых породных шламов и рекомендуются пути их использования в соответствии с характеристиками породных шламов обогатительных фабрик комбината Валя Жиулуй. Особое внимание уделено преимуществам использования породного шлама в промышленности строительных материалов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: обезвоживание, хвосты, обогащение углей, использование, стройматериалы.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

C.Z. 622.41 :621.311.1

Кох, Р. *Оптимизация основных параметров проветривания горных выработок и горных трубопроводов-важный фактор снижения расхода электроэнергии в горном деле*

Установлены расчетные формулы и диаграммы практического значения для основных параметров проветривания горных выработок и вентиляционных трубопроводов в отдельных случаях, на основе расходов электроэнергии.

Ключевые слова: оптимизация, основные параметры проветривания, горные выработки, вентиляционные трубопроводы, расход электроэнергии

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.01 :65.012.45

Митран, И. *О некоторых энтропических мероприятиях, применяемых в горнодобывающей промышленности*

На основе классической энтропии Шаннова представлены некоторые общие положения с помощью разных программ ФОРТРАН для анализа степени концентрации, степени организации и вопросов, связаных с определенной системой производства в горнодобывающей промышленности.

Ключевые слова: Энтропические мероприятия, горнодобывающая промышленность, программы фортран

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 553 :98 :65 .012.1

Балтеш, Н., Негреа Елена и Бэиляну, Д. *Комплексные лабораторные исследования в целях изучения образования углеводородных месторождений северной части джетской депрессии (II). Миграция и скопление углеводородов*

Учитывая взаимосвязи между породами, способствующими образование углеводородов и коллекторными породами в условиях тектоно-генетических характеристик детально оцениваются миграция и скопления углеводородов в соответствующих зонах. Подчеркиваются основной характер олигоценных месторождений и вспомогательный характер миоценных и миоценных месторождений указав зоны, обладающие благоприятными условиями разведки углеводородных месторождений.

Ключевые слова: исследование, образование углеводородов, джетская депрессия

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 620.193

Павел, А. *Некоторые вопросы по борьбе с коррозией и эррозией*

Излагаются некоторые современные вопросы пассивности, дезактивации и ингибации, антикоррозийной защиты, предотвращения и борьбы с коррозией, представив соответствующие практические решения. В то же время рассмотриваются некоторые отличительные последствия кавитации и эррозии, рекомендуя некоторые технические мероприятия антикоррозийной защита.

Ключевые слова: борьба, коррозия, эррозия, антикоррозийнная защита

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

# SOMMAIRE

C.Z. 622.355:3 :622.271

**Fodor, D.** *Nouvelles directions pour l'utilisation integrale du marbre*

On présente le mode en quel on peut valoriser les rester de masse minière d'une carrière après le détachement des bloques du massif, ainsi que les possibilités de purification de l'eau industriel et la récuperation des poudres qui peuvent avoir une large utilisation en diverses branches industrielles.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.281 :65.011.54 :622.33

**Iliaş, N. et al.** *La détermination de l'état des efforts pour le soutènement marchant SMA-1 dans les conditions de la couche de charbon No 3 de Valea Jiului*

Sont présentés les caractéristiques du soutènement, la variation de la réaction dans l'étançon et d'autres données spécifiques déterminés à l'aide d'une calculatrice FelixC-256. On montre la concordance entre la déterminations analytiques et les mesurements au fond qui assure l'accomplissement corect du projet du cet outillage minier.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 658.272 :691 :622.765

**Mihăilescu Lidia et al.** *Recherches sur la deshydratation des stériles de flotation pour leurs utilisation comme matière première dans l'industrie de materiaux de construction*

Sont présentées les technologies étudiées dans notre pays et en étranger pour obtenir quelques schlamme-stériles propres pour être valorisés qui résultent des installations de préparation de Valea Jiului. On met en évidence les avantages de la valorisation du schlamme-stéril dans l'industrie des matériaux de construction.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.41 :621.311.1

**Koch, R.** *L'optimisation des paramètres à principaux d'aèrage des travaux miniers et des conduits — un facteur important pour la reduction de l'energie consommée dans l'industrie minière*

On détermine des rélations de calculation et des diagrammes pratiques pour la détermination des paramètres caractéristiques d'aèrage pour diverses situations en tennant compte des taux d'énergie necessaires dans l'exploitation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.01 :65.012 .45

**Mitran, I.** *Sur quelques mesures entropiques utilisables dans l'industrie minière*

Basé sur l'entropie classique de Shannon on présente quelques généralisations et applications à l'aide des programmes FORTRAN sur l'analyse du degré de concentration et organisation, ainsi que des problèmes de prediction liées d'un système de production rencontré dans l'activité minière.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2 , 1982

---

C.Z. 553.98 :65.012.1

**Balteş, N., Negrea Elena et Bălăianu, D.** *Etudes complexes de laboratoire pour la connaissance des modèles de la formation des gisements d'hydrocarbures sur*

*le flanc nordique de la Dépression gétique (II). Migration et accumulation d'hydrocarbures*

Compte tenant des rapports entre les roches mère et magasins, dans le contexte técto-génétique de la région, des considérations détaillées sur la migration et l'accumulations d'hydrocarbures sont faites. Il est à souligner le caractère primaire des gisments oligocènes et sécondaire de ceux miocènes et pliocènes, étant indiquées des zones favorables à l'exploration pour hydrocarbons.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 620.193

P a v e l, A. *Quelques problèmes de anticorrosion et antiérosion*

Sont exposés quelques problèmes actuels sur la passivation, desactivation et inhibition, la protection anticorrossive, la prevention et lutte contre la corrosion, en présentant des solutions pratiques concrètes. En même temps on analyse quelques implications distinctives sur la cavitation et l'érosion en suggerant des mesures techniques de protection anticorrossive.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

# INHALT

C.Z. 622.355.3 :622.271

F o d o r, D. *Neue Möglichkeiten für die integrale Verwertung der Marmorgesteine*

Es wird die Art in welche die Resten von bergmännische Masse aus eine Marmortagebau nachdem Blockgewinnung Können lassen verwerten. Also die Wasserklärung und Pulvereinsatz für verschiedene Industriezweigen sind dargestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.281 :65.011.54 :622.33

I l i a ş, N. e t a l. *Ermittlung des maximalen Spannungszustands des Schreitausbaus SMA-1 unter die Flöze No.3 Bedingungen von Valea Jiului*

Die Ausbaucharakteristiken, die Änderung des Stempelsreaktions und andere mit Hilfe der Felix C-256 Rechner ermittelte spezifischen Daten sind dargelegt. Ebenfalls die Übereinstimmung zwischen der analytische Ermittlung und der Untertagemessungen welche die Sicherheit für die Entwurf dieses Ausbaus gibt ist vorgewiesen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 658.272 :691 : 622.765

M i h ă i l e s c u L i d i a e t a l. *Untersuchungen über die Entwässerung der Flotationshalde für ihre Gebrauch als Rohstoff in der Baustoffindustrie*

Inland und ausland Untersuchungsarbeiten für die Verwertung der Abfall-Schlamm von der Kohlenveredelungsanlagen aus Valea Jiului sind vorgelegt. Die Vorteile dieser Abfall-Schlamm für ihren Verwertung in der Baustoffindustrie sind hervorgehoben.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 622.41 :621.311.1

K o c h, R. *Optimisation der wichtigsten Parametern in der Bergbaulüftung für Energie*

Rechnenformeln und Diagrammen für die Bestimmung der Lüftungsparametern binsichtlich die Energie rückgewinung sind vorgelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 198

---

C.Z. 622.01 :65.012.45

M i t r a n, I. *Über einer anwendbaren Entropie-Masse in der Bergbauindustrie*

Aufgrund der klassische Shannon Entropie einige Verallgemeinerungen und Anwendungen mit Hilfe eines FORTRAN Programs hinsichtlich die Analysis des Konzentrations — und Organisierungsgrads wie Vorsichtaufgabe für eine in Bergbauindustrie getroffene Produktionsweise sind vorgelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 553.98 :65.012.1

B a l t e ş, N. e t a l. *Komplexe Laboruntersuchungen für die Erkenntnis des Ausbildungsgangs der Kohlenwasserstoff – Lagerstätten vom nordischen Flügel der Getische Depression*

In Berückschtigung der Beziehungen zwischen der Ölgenerator — und Ölsammlergesteine im tektonischen und genetischen Rahmen ausführliche Wertschätzung über die Migration und Akkumulation der Kohlenwasserstoffe in der Region sind ausgeführt. Es wird die ursprüngliche Natur der Oligozän bzw die sekundäre Natur der Miozän und Pliozän Lagerstätten, mit Anleitung zur günstigen Zonen für Kohlenwasserstoffe-Erkundung berücksichtigt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

C.Z. 620.193

P a v e l, A. *Einige Aufgabe über die Korrosion — und Erosionschutz*

Einige aktuelle Aufgabe der Inaktivierung, Entaktivierung und Inhibierung, Korrosionschuzt und Korrosionverhütung mit praktische Lösungen sind ausgeführt. Gleichzeiting einige deutliche Folgen der Kavität und Erosion mit technische Korrosionschutz -Massnahmen sind analysiert.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 2, 1982

---

# Noi posibilităţi de valorificare integrală a marmurelor

Prof. dr. ing. **D. Fodor**
rectorul Institutului de Mine Petroşani
ing. **R. Schweighoffer**
Intreprinderea „Marmura" Simeria

**Introducere**

La începutul deceniului trecut, în unele ţări europene cunoscute ca avînd o industrie dezvoltată în ramura exploatării şi prelucrării rocilor ornamentale, producţia de blocuri industriale a suferit o scădere pronunţată ceea ce, în ţările capitaliste, cel puţin, s-a explicat prin conjunctură economică nefavorabilă. Una din cauze a fost însă ascensiunea produselor sintetice similare, devenite tot mai competitive, şi care au fost preferate, astfel că cererea de placaje finite, mai ales în industria construcţiilor, s-a diminuat substanţial. Înlocuitorii marmurelor şi ai celorlalte roci ornamentale naturale sînt oţelul, aluminiul, sticla, produsele pentru placări obţinute din răşini sintetice, produsele ceramice şi altele. Urmare acestei situaţii, investiţiile au devenit nesigure în cariere şi uzine de prelucrare, iar faptul că nici capacităţile existente nu mai puteau fi utilizate în întregime au condus la ipoteze pesimiste în privinţa viitorului dezvoltării acestei ramuri industriale.

Totuşi, în cea de-a doua jumătate a deceniului trecut, datele problemei s-au modificat spectaculos după ce situaţia energetică mondială s-a deteriorat tot mai mult. Dat fiind că materialele sintetice, care aveau tendinţa să scoată din competiţie marmurele şi celelalte roci naturale, se obţin cu consumuri mari de energie, a devenit limpede că nu se va putea continua pe linia creşterii producţiei la înlocuitori. Treptat, datorită faptului că produsele finite din roci naturale se obţin cu consumuri mai mici de energie, precum şi datorită creşterii productivităţii muncii, producţia de blocuri industriale şi cea de placaje finite a început să crească, punîndu-se în evidenţă o concepţie nouă care s-a manifestat, atît în ţările membre ale C.A.E.R., cît şi în cele capitaliste, care dispun de zăcăminte de marmură.

La finele deceniului trecut, producţia noastră de blocuri industriale realizate din marmure albe, policrome, calcare şi travertine, se situa între 16 000 şi 22 000 $m^3$/an, iar cea de placaje finite între 250 000 şi 300 000 $m^2$/an, calculate la grosimea echivalentă de 2 cm.

Din unele date statistice rezultă că producţia de blocuri industriale la aceleaşi varietăţi de roci ornamentale era, la începutul deceniului trecut, de circa 650 000 $m^3$/an în Italia, 96 000 $m^3$/an în Spania, 51 000 $m^3$/an în Franţa, 18 000 $m^3$/an în Bulgaria şi 13 000$m^3$/an în Polonia.

Prevederile pentru dezvoltarea producţiei de blocuri industriale în ţările membre ale C.A.E.R. pentru cincinalul 1981–1985 conţin creşteri cuprinse între 10 şi 80 %.

De asemenea, vor fi înregistrate creşteri ale producţiei de blocuri industriale de roci ornamentale şi în ţările capitaliste, care dispun de astfel de zăcăminte.

Se poate uşor conchide că, atît pe plan mondial, cît şi în ţara noastră, există o evidentă tendinţă de creştere a producţiei de blocuri industriale la marmure şi travertine, motivaţia principală constînd în aceea că produsele finite din marmure sînt de calitate bună, sînt trainice, se realizează cu productivităţi ridicate, cu consumuri modeste de energie şi au întrebuinţare în multe ramuri industriale de bază.

**Criterii de sortare a masei miniere excavate**

Indiferent de metoda şi varianta de exploatare aplicată, sortarea masei miniere excavate se face funcţie de calitatea rocii şi de mijloacele tehnice existente pentru prelucrare.

Practic, în carierele de marmure a căror producţie este axată pe blocuri, sortarea masei excavate începe cu blocurile industriale de calitatea I, a II-a şi a III-a, această a III-a calitate fiind acceptată numai la marmura albă de Ruşchiţa. Calitatea blocurilor industriale este dependentă de numărul şi distribuţia în spaţiu a fisurilor naturale. Potrivit prevederilor standardelor româneşti în vigoare (STAS 8672—77, 3415—78, 6566—78, 6815—78, 8343—78 şi 6531—79) la calitatea I nu se admit fisuri vizibile în blocuri, la calitatea a II-a se admit un număr de 4 fisuri la $m^3$ de bloc existînd prevederi suplimentare privitoare la distribuţie. Blocurile de calitatea a III-a, deşi conţin numeroase fisuri, prin faptul că acestea sînt oarecum regulat orientate, există posibilitatea obţinerii unei cantităţi de circa 15 $m^2$ placaje finite la $m^3$ bloc prelucrat.

La cererea uzinelor de prelucrare, blocurile care nu îndeplinesc condiţiile de admisibilitate impuse de standarde pot fi sortate în vederea prelucrării lor în placaje subţiri de mici dimensiuni sau transformate în alte produse. Volumele din această categorie de blocuri-stînci, care sînt solicitate, reprezintă, de regulă, doar cîteva procente din masa minieră excavată (sub 10 %); restul masei miniere este constituită din stînci fără formă geometrică regulată, rezultate ca urmare a existenţei unor reţele de fisuri naturale care fragmentează roca, avînd greutăţi cuprinse între 100 şi 5 000 kg/buc. şi deşeuri constituite din bucăţi mărunte avînd greutatea sub 100 kg/buc.

În prezent la marmura albă și unele din cele colorate o parte din aceste produse sînt prelucrate în instalații adecvate pentru obținerea de granule și praf sortul 0—1 mm. Dat fiind că granulele de travertin nu pot fi utilizate ca mozaic, acestea prezentînd porozitate avansată, masa minieră excavată nu este utilizată decît în măsura în care ea poate fi transformată în blocuri industriale.

Luînd în considerare calitatea zăcămintelor de marmure și travertine aflate în exploatare, apreciem că după terminarea operației de sortare a masei miniere excavate, aceasta este utilizată între 25 și 65%, restul fiind depozitată în hălzi, constituind material steril.

Se impune însă, cu vigoare, observația că masa minieră care actualmente constituie steril, este de fapt, mai ales în cazul marmurei albe, un produs avînd puritate ridicată și care nu poate fi valorificat, fie din cauza lipsei unor instalații de prelucrare adecvate, fie din cauza neluării în considerare a domeniilor în care produsele rezultate pot fi utilizate cu rezultate economice și tehnice favorabile.

**Posibilități de valorificare a masei miniere rămasă neutilizată după operația de sortare**

Din datele incomplete, cunoscute numai la Intreprinderea „Marmura" din Simeria, cererea de mozaicuri, praf și pulberi de marmure, care depășesc posibilitatea de realizare actuală, se cifrează la circa 200 000 t/an. Produsele de marmură amintite constituie materie primă în diverse ramuri industriale dintre care cele mai importante sînt industria construcțiilor, industria ceramicii, a sticlei, a materialelor plastice, coloranților, farmaceutică, agricultură și zootehnie.

Desigur, produsele care sînt solicitate și care se pot obține din masa minieră haldată sau destinată haldării trebuie să îndeplinească numeroase condiții tehnice de calitate. Avînd în vedere limitele acestui articol, ne propunem să prezentăm o variantă de schemă tehnologică prin care s-ar prelucra cea mai mare parte a marmurelor care rămîn neutilizabile în cariere. În acest sens, prioritatea prelucrării o are marmura albă, dat fiind că excavările anuale sînt cele mai mari, circa 50 000 t/an, la care se mai adaugă cantitățile existente în hălzi și care, după estimări globale, se cifrează la circa 800 000 t.

Luînd în considerare condițiile specifice ale marmurei albe, se impune atenției schema de flux tehnologic din figura 1. Operația de sfărîmare a blocurilor-stînci de marmură este cea mai grea, cu consum mare de manoperă, dacă ținem seama de faptul că, deocamdată, exploatările noastre nu sînt dotate corespunzător pentru mecanizarea acestei operații. Sfărîmarea se realizează, fie cu încărcături explozive mici, acolo unde se poate aplica acest procedeu, fie manual, cu baroase.

Realizarea sfărîmării cu spărgătoare de roci acționate pneumatic sau hidraulic, montate pe excavatoare corespunzătoare, rezolvă, în

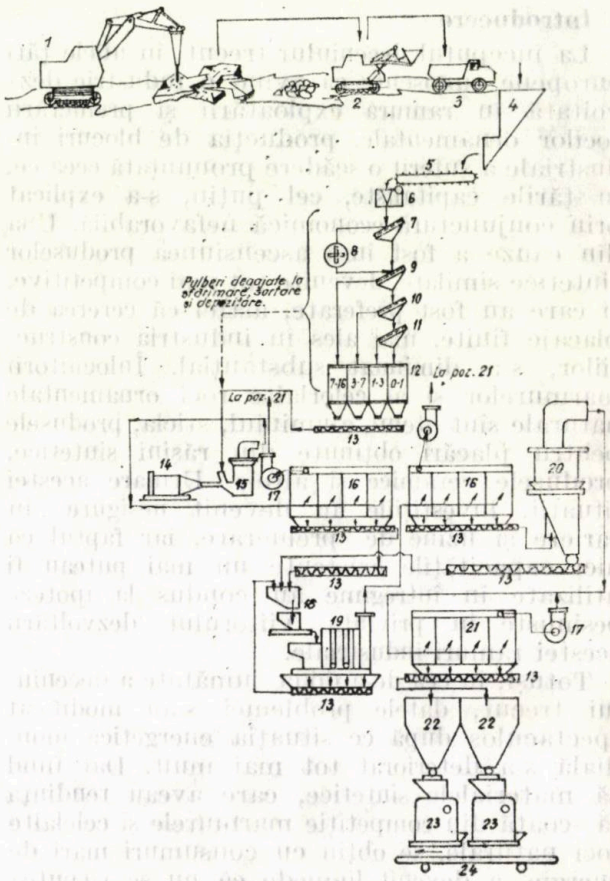



Fig. 1. Schema fluxului tehnologic pentru prelucrarea masei miniere rămasă după sortarea primară în carierele de marmură:

*1* — excavator cu spărgător hidraulic de roci; *2* — încărcător cu cupă; *3* — autobasculantă; *4* — siloz tampon; *5* — alimentator cu plăci; *6* — concasor cu fălci; *7*; *9*; *10*; *11* — ciururi pentru clasarea materialului; *8* — concasor cu impact; *12* — silozuri pentru mozaicuri și praf; *13* — transportor elicoidal; *14* — focar; *15* — uscător; *16* — colector de pulbere; *17* — ventilator; *18* — alimentator; *19* — moară supermicron; *20* — separator pulberi; *21* — colector de pulberi; *22* — silozuri produs finit; *23* — mașină automată de însăcuit și cîntărit; *24* — transportor mobil

mod ideal, problema și aceasta se poate aplica fără restricții, cunoscînd fiind că, atît excavatoarele, cît și spărgătoarele hidraulice *1* sînt fabricate în țară (fig. 1). Roca sfărîmată la o granulometrie crespunzătoare fazei următoare de concasare se încarcă cu un încărcător cu cupă pe șenile *2* în autobasculante *3* și se depozitează într-un siloz tampon *4*.

În cazul marmurei albe și al celor colorate, cererea de granule (mozaic) reprezintă cantități însemnate, astfel că faza următoare de prelucrare are două scopuri: asigurarea necesarului de granule la sorturile standardizate (STAS 1134—71) și a materiei prime pentru instalația de preparare a pulberilor.

Date fiind aceste scopuri, în schemă este inclus un concasor cu fălci *6* şi un concasor cu impact *8*, acestea asigurînd un grad de sfărîmare corespunzător nevoilor. Din prima clasare *7* refuzul se reconcasează pentru a creşte gradul de sfărîmare, apoi ciururile următoare *9*, *10* şi *11* separă sorturile de granule solicitate în construcţii şi praful cu care se alimentează instalaţia de preparare a pulberilor.

Următoarea fază de prelucrare are prevăzut un uscător *15* alimentat cu aer cald provenit dintr-un focar *14*. Praful uscat este depozitat în colectorul *16* care alimentează, cu un transportor elicoidal *13* şi alimentator *18*, moara de micronizare *19*. Pulberea rezultată este depozitată într-un al doilea colector de unde este transferată într-un separator *20*. Pulberea a cărei granulometrie depăşeşte pe cea impusă este recirculată în moară, iar cea corespunzătoare este transferată într-un al treilea colector *21*. Cu ajutorul unui transportor elicoidal, produsul finit este stocat în silozuri *22* apoi, cu maşinile de însăcuit automate *23*, se ambalează şi se cîntăreşte.

Avînd în vedere că în timpul procesului de sfărîmare, clasare şi depozitare în buncăre a granulelor se degajă pulberi în cantităţi importante, instalaţia trebuie realizată în construcţie etanşă, pulberile degajate captate trebuind să fie dirijate în instalaţia de micronizare, începînd cu uscătorul *15*.

Se impune a menţiona faptul că acestei scheme tehnologice i se pot aduce modificări care să conducă la realizarea şi a altor produse de marmură — spre exemplu granule rotunjite pentru mozaicuri ornamentale — precum şi să poată fi reglate după dorinţă majorarea sau micşorarea cantităţilor pe sorturi, respectiv granulaţii.

În scopul diminuării consumului de energie electrică, trebuie alese soluţii constructive adecvate care să valorifice relieful, de obicei în pantă, din zona carierelor, pante pe care se pot amplasa construcţii, astfel încît să se poată realiza, în măsură cît mai mare, transportul automotor.

## Pierderi de rocă în uzinele de prelucrare

Blocurile industriale de calitatea I, a II-a, a III-a şi blocurile-stînci pierd din volum, funcţie de procesul tehnologic, grosime, dimensiuni comandate şi gradul de prelucrare între 25 şi 40 %. Debitarea în plăci, rectificarea şi şlefuirea se realizează în mediu umed, uzinele avînd, în vecinătate, amenajate iazuri de decantare pentru limpezirea apei industriale uzate, respectiv pentru depozitarea şlamului care, în acest caz, este constituit din pulbere de marmure şi travertine.

După estimări, anual, se depozitează în iazuri de decantare între 14 000 şi 20 000 t pulberi de marmure şi travertine care nu sînt valorificate şi la care se mai adaugă încă 6 000—8 000 t/an alte pulberi, rezultate în cea mai mare parte din procesul tehnologic de şlefuire mecanică a dalelor din beton cu granule de marmure. Avînd în vedere necesitatea de a dezvolta extragerea rocilor ornamentale, odată cu exploatarea şi prelucrarea acestora, cantităţile de şlam depozitat în iazuri de decantare au tendinţa de a creşte.

În multe ţări unde uzinele sau altelierele mai mici de prelucrare sînt situate în zone care nu dispun de rezerve suficiente de apă, problema prioritară nu este atît recuperarea şi valorificarea pulberilor cît, mai ales, purificarea şi recircularea apei industriale.

Luînd în considerare implicaţiile nefavorabile ale evacuării apelor industriale uzate, a depozitării şlamului şi a evacuării în rîuri a apelor decantate, fără a fi recirculate, rezultă o serie de aspecte negative dintre care amintim următoarele :

- pierderea din circuitul economic a unor cantităţi mari de pulberi marmoreene avînd o fineţe avansată ;
- ocuparea unor suprafeţe tot mai mari cu iazuri de decantare, ceea ce presupune scoaterea din circuitul economic a unor importante suprafeţe de teren ;
- imposibilitatea diminuării consumului energetic necesar vehiculări unor volume imense de apă spre uzine şi din uzine la iazuri de decantare ;
- creşterea costurilor investiţiei la construirea unor uzine sau ateliere noi prin partea care revine construcţiei gospodăriei de apă industrială şi a iazului de decantare, cu toate anexele aferente.

Avînd în vedere aceste aspecte, la Intreprinderea „Marmura" Simeria s-a trecut la realizarea unor cercetări minuţioase menite să conducă, în final, la realizarea cel puţin a două deziderate majore :

— purificarea şi recircularea apei industriale ;

— valorificarea pulberilor de marmure rezultate din uzinele de prelucrare.

Cercetările întreprinse în fază de laborator la I.C.I.T.P.L.C.I.M.—Deva au scos în evidenţă cîteva date preliminare importante. Astfel, analiza chimică a solidului din probele recoltate de la agregatele care prelucrează marmura arată următoarea compoziţie chimică medie :

| | | | |
|---|---|---|---|
| CaO | —55,86 % ; | $Fe_2O_3$ | — 0,043 % ; |
| MgO | — 1,25 % ; | FeO | — 0,048 % ; |
| $SiO_2$ | — 0,74 % ; | Mn | — 0,05 % ; |
| $Al_2O_3$ | — 0,41 % ; | P.C. | —42,87 %. |
| S | — 0,13 % ; | | |

Analiza granulometrică a materialului solid, din aceleaşi probe, a dus la rezultatele informative redate în tabelul 1.

*Tabelul 1*

| Dimensiunea clasei, μ | $V_i$, % | $\Sigma V_i$, % |
|---|---|---|
| +31,62 | 3,0 | 3,0 |
| 31,62–18,97 | 11,0 | 14,0 |
| 18,97–13,78 | 21,0 | 35,0 |
| 13,78–11,40 | 38,0 | 73,0 |
| –11,40 | 27,0 | 100,0 |

## Purificarea apei industriale şi recuperarea pulberilor

Din datele prezentate la prima conferinţă naţională privind exploatarea şi prelucrarea rocilor ornamentale de la Blagoevgrad — Bulgaria (oct. 1980), experienţa în materie prezentată la expoziţia de maşini şi utilaje pentru industria marmurei de la Verona — Italia 1980, precum şi din propunerile I.C.I.T.P.L.C.I.M.—Deva, rezultă că se pot lua în considerare două scheme tehnologice pentru purificarea apei industriale şi recuperarea pulberilor (fig. 2 şi 3). Ambele scheme sînt concepute pentru cazul particular al Intreprinderii „Marmura" Simeria, dar cu modificări adecvate pot fi adaptate şi la alte ateliere sau uzine de prelucrare a rocilor ornamentale.

Schema tehnologică nr. 1 din figura 2 este concepută pentru a trata apa industrială şi are

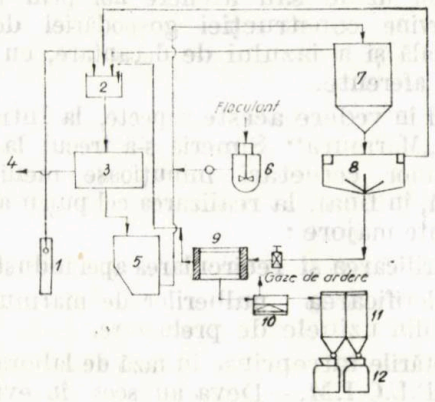



Fig. 2. Schema tehnologică nr. 1 — cazul colectării şi prelucrării unui singur sort de pulbere din suspensie:

*1* — sursă de apă; *2* — rezervor tampon de apă curată; *3* — utilajul de prelucrare a materialului de construcţie şi de realizare a pulberilor; *4* — material de construcţie prelucrat; *5* — staţie de pompare şlam; *6* — dozare floculant; *7* — decantor static; *8* — îngroşător; *9* — filtrare — filtru-presă; *10* — uscare; *11* — depozitare; *12* — ambalare-cîntărire

în componenţă o staţie de pompare a şlamului, decantor static, îngroşător şi unitate de dozare a aditivilor biodegradabili care intensifică viteza de sedimentare. Şlamul îngroşat poate fi evacuat în autocisterne dacă urmează să fie utilizat ca atare, sau poate fi supus procesului de filtrare. De menţionat că în urma filtrării în filtru presă, filtru cu tambur sau decantor centrifugal, produsul rezultat poate fi, de asemenea, utilizat ca atare. În caz contrar, materialul se supune uscării, apoi se ambalează.

Instalaţiile puse în funcţiune recent la unităţi de prelucrare a rocilor ornamentale din străinătate au în componenţă programator pentru evacuarea şlamului îngroşat, funcţie de volumul apei tratate, controlori electronici de nivel şi alte elemente de automatizare, care permit exploatarea lor fără personal calificat.

Părţile metalice care vin în contact cu apa, respectiv cu şlamul, sînt protejate cu căptuşeală, iar accesoriile (pompe, agitator, fluximetru, electrozi) sînt confecţionate din oţel inoxidabil.

Capacitatea de filtrare variază de la 10 la 240 m³/h, funcţie de mărimea unităţii de prelucrare, iar suprafaţa ocupată de o asemenea instalaţie variază de la 8 la 55 m². Apele industriale tratate potrivit schemei tehnologice nr. 1 din figura 2 sînt recuperate în proporţie de 95—98%.

Schema tehnologică nr. 2 din figura 3 oferă posibilitatea colectării selective a tulburelilor care provin de la agregatele situate

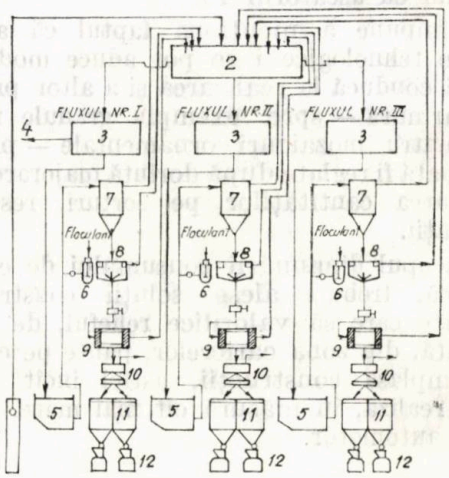



Fig. 3. Schema tehnologică nr. 2 — cazul colectării şi prelucrării separate a trei sorturi de pulberi din suspensie

în incinta uzinei. Selectarea tulburelilor este impusă de faptul că ele diferă din punctul de vedere al conţinutului, diferenţa fiind substanţială şi influenţînd hotărîtor domeniul de utilizare a pulberilor. Referindu-ne la situaţia concretă din uzina de prelucrare de la Simeria, conţinutul în $SiO_2$ a tulburelilor de marmură provenite de la utilajele noi este de circa 0,74%, în timp ce la pulberea provenită de la gaterele model vechi creşte la 5,73%. Conţinutul de $Al_2O_3$ în pulberea de marmură este 0,41%,

în timp ce la pulberea provenită din șlefuirea dalelor din beton cu granule de mozaic, conținutul de $Al_2O_3$ ajunge la 2,24%. Există, de asemenea, diferențe substanțiale și în ceea ce privește granulometria, pulberea rezultată la tăierea marmurei în gatere echipate cu lame diamantate avînd o finețe mai avansată față de a pulberilor rezultate din alte procese tehnologice.

În principiu, schema tehnologică nr. 2 asigură, atît purificarea apei industriale, cît și recuperarea pulberilor de marmură, funcție de compoziția lor chimică și de alți factori care determină domeniul lor de utilizare.

Urmărind fluxul tehnologic din schema nr. 2, rezultă că se pot obține simultan trei produse finite diferite, existînd în același timp și posibilitatea reducerii numărului de produse la două sau chiar la unul singur, funcție de condițiile specifice care se ivesc la un moment dat.

Astfel, dacă de la utilajul de prelucrare a materialului de construcție și de realizare a pulberilor 3—I se colectează șlamul 4—I, numai de la agregatele care prelucrează marmură albă, pe fluxul nr. 1, vom avea un produs finit monomineral. În cazul marmurei de Ruschița, care are ponderea cea mai mare în gama marmurelor supuse prelucrării la Intreprinderea „Marmura" Simeria, pulberea de marmură obținută în acest fel este un produs de calitate superioară, atît datorită fineței, cît, mai ales, datorită gradului de alb care este de circa 86,7%, o valoare deosebit de ridicată.

## Concluzii

Dezvoltarea impetuoasă a industriei permite revizuirea concepției potrivit căreia rocile ornamentale pot fi utilizate cu succes numai în construcții. Valorificarea complexă și aproape totală a masei excavate din carierele care sînt profilate pentru blocuri industriale poate fi realizată, fără dificultăți prea mari, industria noastră constructoare de mașini dispunînd de capacitatea necesară pentru a furniza tot echipamentul tehnic impus de procesele tehnologice specifice. Reorientarea investițiilor astfel încît să răspundă acestei concepții noi este imperios necesară întrucît aceasta va asigura atingerea unor obiective de strictă actualitate, atît economice, cît și de altă natură. Menționăm cîteva dintre aceste obiective:

- creșterea eficienței economice în carierele de marmure, prin valorificarea integrală a rezervelor excavate, iar prin degajarea, respectiv încetarea haldării unor mari volume de marmură, se eliberează spații care pot primi alte destinații;
- producțiile suplimentare obținute astfel în cariere și uzine de prelucrare contribuie la asigurarea cu materie primă a numeroase ramuri industriale autohtone, care sînt interesate în valorificarea acestor produse;
- noua orientare în valorificarea marmurelor va permite punerea în exploatare și a acelor zăcăminte care, în prezent, din cauza unui grad avansat de fisurare, nu pot fi valorificate eficient dacă se urmărește numai obținerea de blocuri industriale;
- prin purificarea apelor industriale și recircularea lor se realizează un important cîștig în domeniul protecției mediului înconjurător, constînd, în principal, din aceea că deversarea apelor industriale în rîuri încetează, iar suspensiile solide nu mai sînt eliminate din circuitul economic.

### Bibliografie


[1] Albu, I. *Studiul de dezvoltare în perspectivă pînă în 1985 a pietrei naturale de construcții.* M.E.F.M.C.—I.C.P.M.C., București, 1977.

[2] Dan, T. ș.a. *Valorificarea pulberilor rezultate la prelucrarea marmurelor.* I.C.I.T.P.L.C.I.M. — Fază de laborator, Deva, 1980.

[3] Ghiță, I. *Automatizarea instalațiilor de preparare.* O.D.P.T. — M.M.P.G., București, 1972.

[4] * * * *Modele pentru tratarea apei uzate care conține impurități solide, cu aditivi biodegradabili.* Prospect — Firma „Zani trattamento acque", Italia, 1980.

# Determinarea stării de maximă solicitare la susţinerea mecanizată SMA-1 în condiţiile stratului 3 din Valea Jiului

Prof. dr. ing. N. Iliaş,
ing. D. Surulescu,
ing. Al. Bogdan

Determinarea stării de maximă solicitare la susţinerile mecanizate este necesară datorită faptului că aceasta constituie baza calculelor ulterioare a elementelor metaloconstrucţiilor, constituind totodată un criteriu de decizie privind compatibilitatea susţinerii mecanizate în condiţiile concrete în care se preconizează utilizarea acesteia.

Într-o lucrare precedentă (publicată în revista Mine, Petrol şi Gaze nr. 7, 1981), a fost expusă metodologia de determinare a stării de maximă solicitare la susţinerile mecanizate cu element îngrăditor articulat la talpă.

Realizări deosebite în acest domeniu au fost obţinute de firma Hemscheidt din R. F. Germania, cu tipul de susţinere mecanizată G-280-23/35 Troica, care funcţionează cu bune rezultate în cinci abataje la Întreprinderea minieră Lupeni.

Aceste considerente au dus la asimilarea ei în fabricaţia de serie la Întreprinderea de utilaj minier Petroşani, sub denumirea de susţinere de abataj tip SMA-1 Troica. Schema de principiu a susţinerii mecanizate cu scut articulat direct la talpă este prezentată în figura 1.

Rezultatele obţinute cu ajutorul calculatorului FELIX C-256, privind determinarea stării

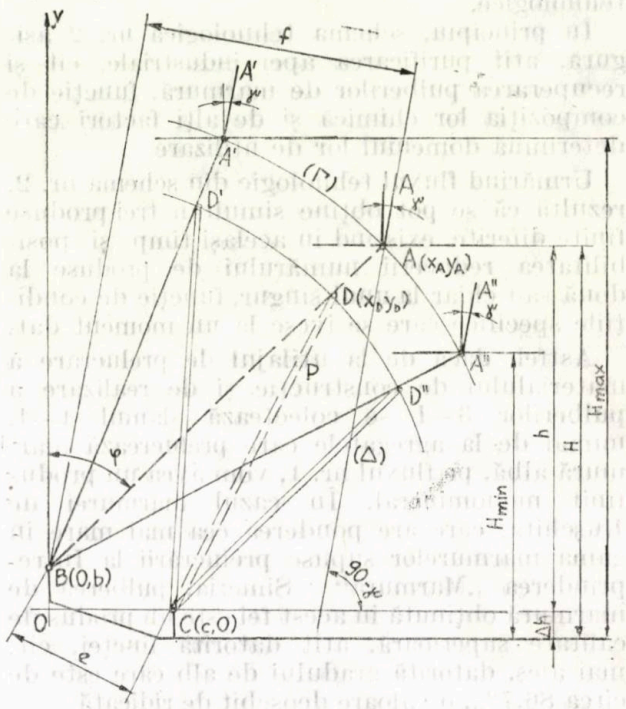



Fig. 1. Schema de principiu a susţinerii mecanizate cu scut articulat direct la talpă :
$H$—înălţimea de lucru; $H_{min}$—înălţimea minimă; $H_{max}$—înălţimea maximă

*Tabelul 1*

| Nr. crt. | $H$, m | $e$, m | $f_0$, m | $f$, m | $A_0$, kN | $A_t$, kN | $RSt$, kN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,30 | 1,609917 | 2,463575 | 1,989303 | 1568,3708 | 2266,0029 | 659,6838 |
| 2 | 2,40 | 1,597607 | 2,416444 | 1,912967 | 1586,7349 | 2338,4082 | 636,7488 |
| 3 | 2,50 | 1,583701 | 2,364149 | 1,831733 | 1607,7170 | 2420,8572 | 617,4087 |
| 4 | 2,60 | 1,568165 | 2,306339 | 1,745266 | 1631,8481 | 2515,8706 | 590,3193 |
| 5 | 2,70 | 1,550935 | 2,242587 | 1,653163 | 1659,7988 | 2626,8538 | 566,5142 |
| 6 | 2,80 | 1,531914 | 2,172371 | 1,554927 | 1692,4333 | 2758,5603 | 538,5503 |
| 7 | 2,90 | 1,510961 | 2,095040 | 1,449942 | 1730,8999 | 2917,8357 | 509,8447 |
| 8 | 3,00 | 1,487883 | 2,009774 | 1,337428 | 1776,7759 | 3114,9863 | 476,7373 |
| 9 | 3,10 | 1,462414 | 1,915513 | 1,216382 | 1832,2991 | 3366,3425 | 442,0544 |
| 10 | 3,20 | 1,434186 | 1,810853 | 1,085469 | 1900,7871 | 3699,5251 | 398,3477 |
| 11 | 3,30 | 1,402680 | 1,693868 | 0,942864 | 1987,4238 | 4165,5039 | 352,7683 |
| 12 | 3,40 | 1,367134 | 1,561789 | 0,785940 | 2100,8745 | 4870,5664 | 297,2920 |
| 13 | 3,50 | 1,326361 | 1,410383 | 0,610682 | 2257,0217 | 6081,4180 | 237,0627 |

de maximă solicitare la susținerea mecanizată SMA-1, sînt redate în tabelul 1.

Pe baza acestor rezultate s-au ridicat : caracteristica susținerii mecanizate SMA-1 (fig. 2) și variația reacției din stîlp, funcție de înălțimea de lucru (fig. 3).

Concluzionînd, starea de maximă solicitare pentru susținerea mecanizată SMA-1 este caracterizată de următorii parametri :

— înălțimea de lucru $H = 3{,}5$ m ;

— forța de reazem $A = 6081{,}4180$ kN ;

— reacția maximă în stîlp $RSt_{max} = 659{,}6838$ kN ;

— portanța minimă necesară $PSt_{min} = 1\,212{,}5596$ kN ;

— parametrii geometrici : $e = 1{,}326361$ m și $f = 0{,}610682$ m,

unde :

$x$ este distanța față de frontul de lucru, m ;

— unghiul de frecare rocă/oțel, $\gamma = 16{,}69924°$ ;

— $k_1 = 1{,}15$ ;

— $k_2 = 1{,}60$.

Asupra susținerii mecanizate G-280-23/35 s-au efectuat măsurări în subteran privind regimul de presiune din camerele presurizate ale stîlpilor și, cunoscîndu-se secțiunea activă a pistonului, s-au calculat forțele ce apar în stîlpi. Valorile forțelor calculate sînt prezentate în tabelul 2.

Din datele prezentate reiese compatibilitatea susținerii mecanizate G-280-23/35 în condițiile concrete din Valea Jiului, stratul 3 I.M. Lupeni, valoarea portanței minime necesare calculate (1212, 5596 kN), cît și valoarea medie a forței calculate pe baza măsurărilor (1 141 kN

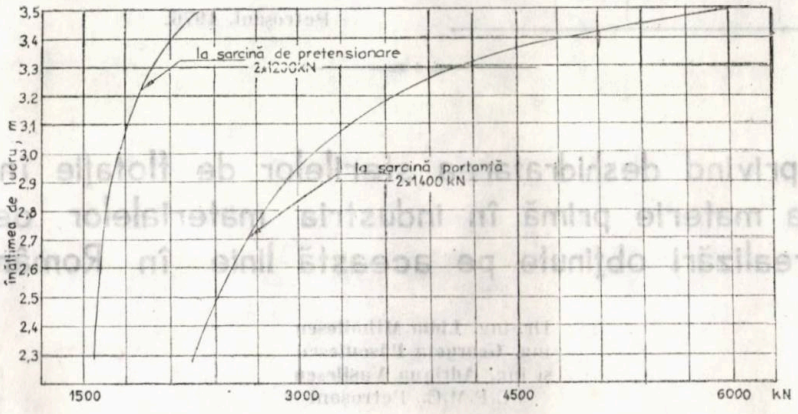



Fig. 2. Caracteristica susținerii mecanizate SMA-1.

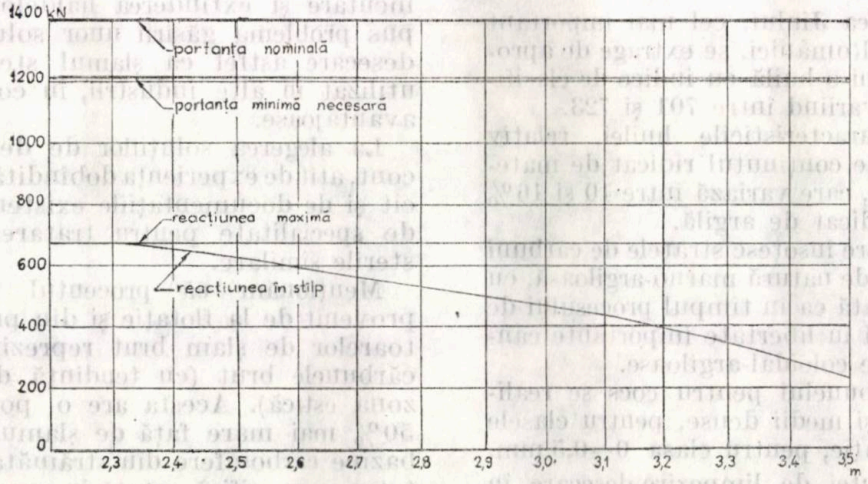



Fig. 3. Variația reacției din stîlp funcție de înălțimea de lucru la susținerea mecanizată SMA-1.

determinați în condițiile concrete ale stratului 3 Valea Jiului ;

— legea de repartiție a presiunii miniere [5] pe grinda de susținere :

$$F(x) = 158{,}112 + 113{,}750\ x,\ \text{kN/m}$$

și 946 kN) nu depășesc portanța nominală a stîlpilor (1 400 kN).

Totodată, concordanța dintre determinările analitice și măsurările efectuate în subteran pun în evidență justețea metodologiei propuse

*Tabelul 2*

| Susținerea G-280-23/35 | Ciclul | Durata ciclului, ore | Nr. stîlpului | Forțe calculate | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | valori minime kN | valori maxime, kN | valori preponderente, kN |
| A | I | 34 | 1 | 19 | 932 | 917 |
| | | | 2 | 57 | 893 | 494 |
| | II | 27 | 1 | 723 | 917 | 780 |
| | | | 2 | 742 | 1 220 | 1 140 |
| B | I | 37 | 1 | 1 420 | 1 481 | 1 440 |
| | | | 2 | 665 | 1 100 | 1 070 |
| | II | 40 | 1 | 760 | 1 410 | 1 410 |
| | | | 2 | 798 | 1 080 | 1 080 |
| Valori extreme | | | 1 | 19 | 1 480 | — |
| | | | 2 | 57 | 1 220 | — |
| Valori medii | | | 1 | 730 | 1 185 | 1 141 |
| | | | 2 | 565 | 1 073 | 946 |

și aplicate, astfel încît aceasta constituie un instrument eficace destinat specialiștilor în proiectarea utilajului minier.

**Bibliografie**


[1] Leț u, N. *Susțineri miniere*. Ed. tehnică, București, 1973

[2] Mataca, E. *Complexe mecanizate de abataj*. Ed. tehnică, București, 1977.

[3] Mataca, E. *Cartea minerului de la abatajele mecanizate complex*. Ed. tehnică, București, 1979.

[4] Stanciu, V. *Studiul posibilității de introducere a susținerii mecanizate în condițiile din stratul 3 Valea Jiului*. Teză de doctorat, Petroșani, 1974.

[5] Scroban, A. *Susținere mecanizată pentru condițiile din Valea Jiului, stratul 3*. Rezumatul tezei de doctorat, Petroșani, 1976.


# Cercetări privind deshidratarea sterilelor de flotație în vederea utilizării lor ca materie primă în industria materialelor de construcție și realizări obținute pe această linie în România


Dr. ing. **Lidia Mihăilescu**
ing. **Georgeta Păsculescu**
și ing. **Adriana Vasilescu**
I.C.P.M.C. Petroșani


## Generalități

În bazinul Valea Jiului, cel mai important bazin de huilă al României, se extrage de aproximativ 100 de ani o huilă cu indice de clasificare, după ISO, variind între 701 și 723.

Una dintre caracteristicile huilei, relativ tinere, o constituie conținutul ridicat de material fin — 0,5 mm, care variază între 10 și 16% și un conținut ridicat de argilă.

Rocile sterile care însoțesc stratele de cărbuni sînt predominant de natură marno-argiloasă, cu tendință pronunțată ca în timpul procesului de preparare să pună în libertate importante cantități de materiale coloidal-argiloase.

Prepararea cărbunelui pentru cocs se realizează prin zețaj și medii dense, pentru clasele mari, și prin flotație, pentru clasa 0—0,5 mm.

Alegerea variantei de limpezire-desecare în cadrul fluxului de epurare a apelor reziduale trebuie să țină cont, atît de caracteristicile specifice șlamurilor sterile supuse epurării, cît și de aspectul economic al procesului de epurare.

Avînd în vedere spațiul restrîns de care dispune Valea Jiului și tendința de a nu mai permite utilizarea unor suprafețe din circuitul agricol pentru construirea iazurilor de sedimentare și extinderea haldelor de steril, s-a pus problema găsirii unor soluții de epurare-desecare astfel ca șlamul steril să poată fi utilizat în alte industrii, în condiții economic avantajoase.

La alegerea soluțiilor de desecare s-a ținut cont, atît de experiența dobîndită în țara noastră, cît și de documentațiile existente în literatura de specialitate pentru tratarea unor șlamuri sterile similare.

Menționăm că procentul de șlam steril provenit de la flotație și din preaplinul decantoarelor de șlam brut reprezintă 7—9% din cărbunele brut (cu tendință de creștere spre zona estică). Acesta are o pondere cu circa 50% mai mare față de șlamul steril al altor bazine carbonifere din străinătate. Particularitatea sa specifică constă în procentul ridicat de argilă ultrafină coloidală care îi conferă o comportare dificilă în procesele de limpezire-desecare.

Astfel, procentul de material ultrafin — — 0,063 mm în șlamurile sterile supuse epurării crește de la 86,7% în zona Lupeni la 97,7% în zona Petrila.

De subliniat că ponderea acestei clase în șlamurile sterile din alte bazine din străinătate variază între 50 și 70%.

Pe lîngă conținutul ridicat de material ultrafin, șlamurile din Valea Jiului mai conțin un procent ridicat de acizi humici, variind între 2 000 și 3 500 mg/l, iar conținutul de săruri în apele de spălare este extrem de redus (120—200 mg/l). Nici una din aceste caracteristici nu favorizează procesele de limpezire-desecare.

Limpezirea apelor reziduale se realizează în decantoare radiale cu adaos de floculant în funcție de caracteristicile de sedimentare ale șlamului steril.

Experiența industrială a evidențiat posibilitatea obținerii unor ape limpezite cu aproximativ 0,2 g/l, în condițiile utilizării unor floculanți adecvați și a extragerii continue a îngroșatului din decantoare. S-a considerat că tehnologia cu adaos de floculant este corespunzătoare și cercetările s-au axat pe găsirea unor tehnologii de epurare care să asigure evacuarea continuă a îngroșatului din decantoare.

În studiile și cercetările efectuate au fost comparate următoarele tehnologii de desecare:

— filtrare sub vid;
— filtrare sub presiune;
— centrifugare.

Nu s-a putut avea în vedere una din tehnologiile mult utilizate în alte țări — amestecul direct al șlamului steril îngroșat cu sterilele de spălătorie — deoarece această tehnologie nu este posibilă în condițiile Văii Jiului, unde șlamul steril reprezintă 25—40% din total steril evacuat. Această metodă de evacuare a șlamului steril — cea mai avantajoasă din punct de vedere economic — se aplică acolo unde șlamul steril reprezintă maximum 5% din sterilele evacuate.

Un alt aspect îl constituie faptul că puterea calorică a șlamului steril îngroșat variază între 1 500 și 1 800 kcal/kg, reprezentînd circa 3% din conținutul caloric al cărbunelui brut extras din subteran.

Este deci rațional ca acest combustibil inferior, cu putere calorică asemănătoare cu cea a ligniților, să nu fie eliminat la haldă, ci utilizat pentru valorificarea conținutului său caloric la termocentrale sau în alte industrii.

## Posibilități de filtrare sub vid

Bogata experiență a firmei americane DOW a permis stabilirea posibilităților de filtrare sub vid pe baza unui factor de permeabilitate specifică, care reprezintă produsul între ponderea clasei —0,074 la puterea 1/2 și conținutul de cenușă al clasei — 0,074 mm.

Diagrama din figura 1, stabilită de firmă prin numeroase determinări, evidențiază capacitatea de filtrare sub vid în funcție de factorul de corelare pentru permeabilitatea specifică a reziduului de filtrare.

Se constată că creșterea factorul de corelare are influență negativă asupra capacității specifice de filtrare a filtrelor cu vid. Astfel, pentru un factor de corelare cu valoare peste 320, debitul scade la 10 kg/m²/h.

În diagramă sînt prezentate, cu steluțe, punctele corespunzătoare filtrării sub vid a șlamului brut din Valea Jiului, și cu puncte negre, punctele corespunzătoare filtrării șlamului flotat.

Factorul de corelare pentru cazul filtrării șlamului steril va avea valoarea 610—790, valoare care iese cu mult din diagramă și pentru care firma DOW menționează că nu se poate aplica filtrarea sub vid.

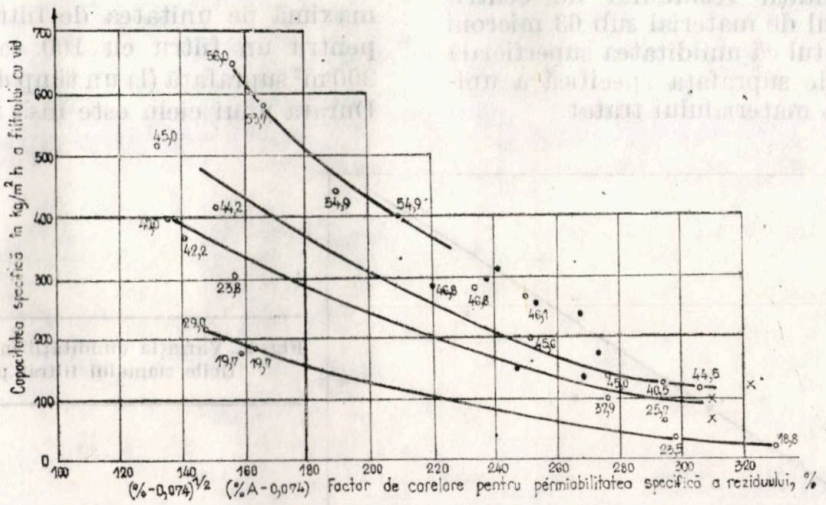



Fig. 1. Capacitatea specifică a filtrelor cu vid în funcție de factorul de corelare pentru permeabilitatea specifică a reziduului.

## Centrifugarea șlamului steril

Între firmele care s-au preocupat de construirea unor centrifuge cu manta, special adaptate pentru tratarea șlamului steril, o experiență deosebită are firma WEDAG — HUMBOLDT, specializată în construirea utilajelor de preparare a cărbunilor. Ne-am adresat acestei firme pentru procurarea unei centrifuge — unicat pentru desecarea șlamului steril. Cu ocazia tratativelor ni s-a pus la dispoziție documentația întocmită privind performanțele pe care le realizează centrifuga WEDAG, funcție de caracteristicile șlamului steril tratat.

Rezultatele prezentate în tabelul 1 au permis stabilirea diagramei din figura 2.

*Tabelul 1*

| Caracteristicile șlamului supus desecării | | Debit, t/h | Umiditatea, % | Concentrația în filtrat, g/l |
|---|---|---|---|---|
| fracția 0,063 mm | cenușa, % | | | |
| 73,6 | 72,81 | 9,5±1,4 | 41,2±1,2 | 13 |
| 62,2 | 71,11 | 11,5±0,9 | 29,1±1,6 | 72 |
| 61,3 | 58,10 | 7,8±1,3 | 35,3±1,0 | 9 |
| 52,5 | 69,40 | 6,6±0,8 | 28,2±3,2 | 65 |
| 55,5 | 69,68 | 5,5±0,5 | 30,2±1,2 | 39 |
| 46,1 | 78,54 | 11,0±0,5 | 24,2±0,9 | 34 |
| 58,8 | 77,78 | 6,6±0,5 | 31,4±0,4 | 115 |
| 51,5 | 78,29 | 7,8±0,2 | 28,8±0,8 | 136 |
| 47,4 | 79,25 | 8,0±0,6 | 26,2±0,9 | 8 |
| 73,0 | 71,23 | 9,9±1,0 | 42,2±0,9 | 1 |
| 62,1 | 70,64 | 1,7±0,1 | 36,1±1,0 | 5 |
| 70,0 | 74,69 | 1,9±0,4 | 34,8±1,0 | 4 |

Se constată că creșterea proporției de material —0,063 mm are ca urmare imposibilitatea unei desecări corespunzătoare, umiditatea fiind în funcție de procentul de material ultrafin.

Creșterea umidității reziduului de centrifugare cu procentul de material sub 63 microni se explică prin faptul că umiditatea superficială este dependentă de suprafața specifică a unității de greutate a materialului tratat.

În diagramă se evidențiază faptul că pentru un conținut de 75% fracție — 0,063 mm, umiditatea reziduului este de 42%.

Șlamul steril din Valea Jiului, care conține 86—97% fracție — 0,063 mm, nu poate fi desecat la un conținut de umiditate mai scăzut de 40 %.

La această umiditate șlamul centrifugat se comportă ca o pastă, în special după încărcarea în vagon sau în cupe de funicular, prezentînd mari dificultăți de transport și imposibilitate de manipulare, în special pe timp de iarnă.

Proporția ridicată de șlam steril, deci total steril haldat, reprezintă un serios pericol de alunecare a haldelor, care în Valea Jiului sînt amplasate pe văi, și tendința de spălare cu apele meteorice.

Pe de altă parte, apa limpezită de la centrifugare are un conținut de suspensii inadmisibil de ridicat pentru a fi deversat în rîuri (valoarea maximă 115 g/l).

Din motivele arătate, deși capacitatea de tratare este mult mai mare decît cea realizată de filtre-presă, considerăm că centrifugarea nu este adecvată pentru tratarea șlamului steril din Valea Jiului.

## Filtrarea sub presiune a șlamului steril

Cea mai adecvată metodă de filtrare a șlamului steril din Valea Jiului s-a dovedit a fi însă filtrarea sub presiune.

Filtrarea sub presiune a șlamului steril provenit din apele reziduale de la instalațiile de preparare Petrila și Lupeni se realizează și în prezent la stațiile de epurare. Principalul dezavantaj al acestor instalații constă în cheltuielile foarte ridicate de investiții și exploatare și în volumul mare de muncă pentru deservire.

Pentru filtrarea sub presiune, capacitatea maximă pe unitatea de filtrare este de 2 t/h, pentru un filtru cu 100 camere și respectiv 200 m² suprafață (la un timp de filtrare de 3 ore). Durata unui ciclu este însă funcție nu numai

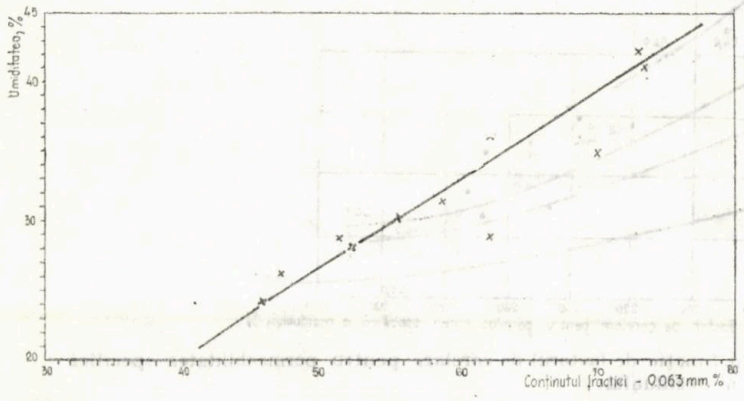



Fig. 2. Variația umidității în funcție de caracteristicile șlamului filtrat prin centrifugare

de filtrarea propriu-zisă, ci şi de posibilităţile de golire, descărcare şi evacuare a turlelor la haldă sau în vagon.

Filtrarea propriu-zisă este ajutată de dozarea în îngroşat a unui reactiv pentru îmbunătăţirea caracteristicilor de filtrabilitate cum este reactivul SA în doză de 0,15—0,25 g/l.

Capacitatea specifică de filtrare la filtre-presă pentru şlamul steril din Valea Jiului variază între 5 şi 15 kg/m²/h, funcţie de caracteristicile şlamului (la Petrila şlamul este mai argilos şi mai greu filtrabil) şi de starea de curăţire a pînzelor.

Filtrarea sub presiune se realizează intermitent, decantoarele jucînd rolul de tampon.

Întreruperile în extragerea îngroşatului din decantor conduc la creşterea conţinutului de suspensii în apele limpezite.

Din studiile efectuate a rezultat că în actualul stadiu de dezvoltare al tehnologiilor de desecare şi ţinînd cont de caracteristicile şlamului steril din Valea Jiului singura metodă de desecare care se pretează este filtrarea pe filtre-presă, cu mecanizarea manipulării plăcilor (pentru a uşura munca muncitorilor), tehnologie care a fost adoptată şi pentru noile instalaţii de preparare.

De menţionat că această tehnologie asigură desecarea şlamului steril pînă la 20—25% umiditate—valoare la care se poate asigura manipularea corespunzătoare a şlamului steril, în vederea transportului şi valorificării în alte industrii.

Cercetările pentru valorificarea şlamului steril în alte industrii au început prin stabilirea caracteristicilor fizico-chimice tehnologice a turtelor de filtre-presă şi a şlamului steril sedimentat în iazuri.

Pentru turtele de filtre-presă s-a obţinut următoarea compoziţie chimico-oxidică (în procente):

| | |
|---|---|
| — $SiO_2$ | 35,74 |
| — $Al_2O_3$ | 16,88 |
| — $Fe_2O_3$ | 3,83 |
| — $TiO_2$ | 0,57 |
| — CaO | 2,24 |
| — MgO | 1,18 |
| — $Na_2O$ | 0,38 |
| — $K_2O$ | 1,51 |
| — $SO_3$ | 0,47 |
| — St | 1,23 |
| — pierderi la calcinare (umiditate şi materii volatile) | 36,14 |
| — puterea calorică a şlamului steril | 1 500—1 700 kcal/kg |
| — cenuşa (la anhidru) | 65—67 |
| — umiditatea totală | 20—25 |
| — plasticitatea Pfefferkorn | 28,7 |
| — puterea liantă | 296 gf/cm² |

Aceste caracteristici sînt favorabile utilizării şlamului steril în amestecul de fasonare al cărămizilor, conducînd la obţinerea unor cărămizi de bună calitate, în condiţiile utilizării ca adaos în industria materialelor de construcţii, în proporţie de 5—20 %.

Experienţa pozitivă a îmbunătăţirii calităţii cărămizilor, concomitent cu reducerea con-

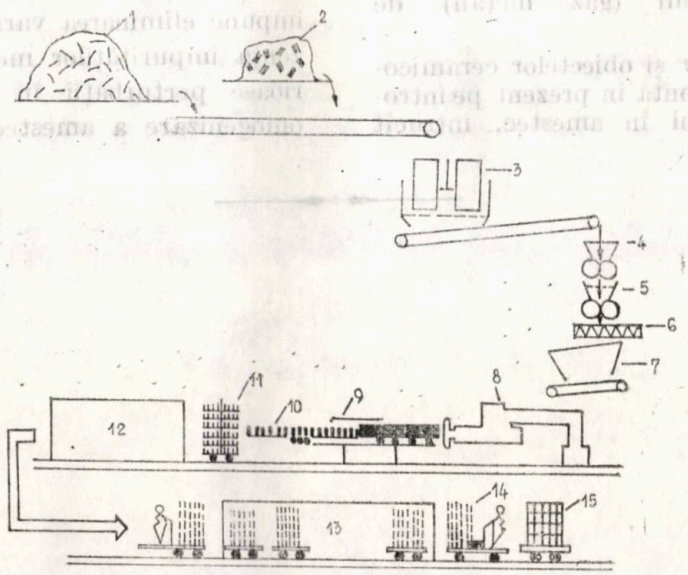



Fig. 3. Fluxul tehnologic al unei fabrici de cărămizi cu cuptor tunel:

*1* — cariera de argilă; *2* — depozit de şlam steril; *3* — Kolergang $d = 15$ mm; *4* — valţuri grosiere $d = 7$ mm; *5* — valţuri fine $d = 3$ mm; *6* — transportor cu melc; *7* — buncăr şi dozator de pastă; *8* — presă de fasonat; *9* — tăierea cărămizilor; *10* — cărămizi tăiate; *11* — coloană de încărcare pentru cărămizi; *12* — cuptor de uscare; *13* — cuptor de ardere tip tunel; *14* — la depozit; *15* — cărămizi în depozit.

sumului de combustibil la arderea acestora prin înglobarea în masa argiloasă a șlamului steril, a fost extinsă în ultimii ani la aproape toate fabricile de cărămizi din țară.

Din punctul de vedere al tehnologiei de ardere, fabricile de cărămizi și blocuri ceramice pot fi grupate în două mari categorii :

— fabrici de cărămizi cu cuptoare de ardere sistem tunel ;

— fabrici de cărămizi cu cuptoare de ardere tip Hoffman.

Fluxul tehnologic al unei fabrici de cărămizi din prima categorie cuprinde următoarele operații principale (fig. 3) :

— amestecul șlamului steril cu argila ;

— omogenizarea și mărunțirea amestecului în Kolergang și valțuri pînă la dimensiunea finală de aproximativ 3 mm ;

— fasonarea-presarea cărămizilor ;

— uscarea cărămizilor ;

— arderea în cuptoare tunel ;

— depozitarea cărămizilor.

Fabricile de cărămizi tip Hoffman au fluxul tehnologic asemănător (fig. 4). Uscarea se realizează în uscătoare cameră timp de 24 de ore.

Procesul de ardere a cărămizilor se realizează în uscătoare inelate tip Hoffman, în care cărămizile se stivuiesc și numai zona de foc se deplasează în direcția curentului de aer creat de un ventilator, arderea durînd aproximativ 48 de ore.

În concluzie, prin introducerea șlamului steril în masa argiloasă în proporție de 5—20 %, cărămizile se vitrifiază, prezintă sunet metalic, au rezistență sporită, în același timp obținîndu-se reduceri de combustibili (gaz metan) de peste 10 %.

La fabricarea țiglelor și obiectelor ceramico-sanitare nu se poate conta în prezent pe introducerea șlamului steril în amestec, întrucît porozitatea produsului final crește (în cazul țiglelor), iar pentru obiectele ceramico-sanitare se impun condiții de compactitate și culoare.

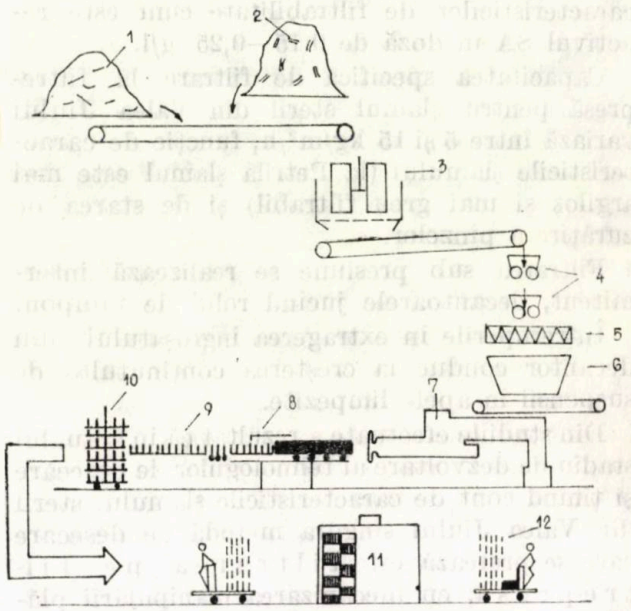



Fig. 4. Fluxul tehnologic al unei fabrici de cărămizi cu cuptor Hoffman :

*1* — cariera de argilă ; *2* — depozit de șlam steril ; *3* — Kolergang $d = 15$ mm ; *4* — valțuri fine paralele $d = 3$ mm ; *5* — transportor cu melc ; *6* — buncăr și dozator de pastă ; *7* — presă de fasonat ; *8* — tăierea cărămizilor ; *9* — cărămizi tăiate ; *10* — coloană de încărcare pentru cărămizi ; *11* — cuptor de ardere tip Hoffman ; *12* — la depozit.

Pentru extinderea utilizării șlamului steril în industria materialelor de construcții se impune eliminarea variațiilor de calitate, prezența impurităților metalice, care produc serioase perturbații în procesul de sfărîmare, omogenizare a amestecului de formare.

# Optimizarea parametrilor principali de aeraj a lucrărilor miniere şi a conductelor de aeraj—factor important de reducere a consumului de energie în minerit

Ing. R. Koch
I.C.P.M.N. Baia Mare

## I. Generalităţi

Asigurarea unor condiţii climatice necesare desfăşurării procesului de extracţie în subteran se realizează, în primul rînd, prin introducerea, în zonele de exploatare, a unei cantităţi corespunzătoare de aer, calculată pe baza criteriilor prevăzute în normele de tehnica securităţii muncii. Condiţiile dificile ale zăcămintelor noastre îngreuiază posibilităţile de realizare a unui aeraj general eficient, energia de vehiculare reprezentînd 25—35 % din energia necesară extracţiei.

În urma adîncirii minelor şi a creşterii producţiei, în viitor se va mări considerabil şi cantitatea de aer introdusă în subteran, rezultînd creşterea exponenţială a energiei de aeraj în cazul neadaptării corespunzătoare a lucrărilor miniere principale noilor situaţii (fig.1).

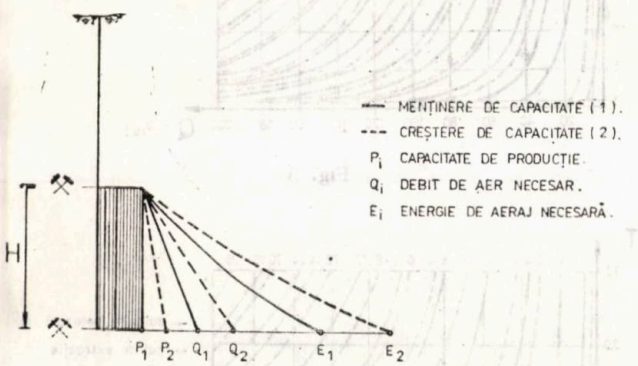



Fig. 1

Soluţia cea mai eficientă de acţionare asupra reducerii energiei de aeraj o constituie, în primul rînd, aplicarea unor secţiuni optime, în special în cazul lucrărilor principale de aeraj, prin care se vehiculează o cantitate însemnată de aer, $E = f(Q^3, S^{-2,5})$, în general, pe aceste căi consumîndu-se pînă la 50 % din energia totală de aeraj.

În trecut, în practica minieră, nu s-a acordat suficientă atenţie alegerii secţiunilor corespunzătoare a lucrărilor miniere şi a conductelor de aeraj, dimensionarea lor rezumîndu-se la verificarea vitezei realizate a curentului de aer faţă de prevederile NTS şi, deseori, în dorinţa de reducere a costurilor iniţiale, s-au admis viteze-limite, rezultînd astfel creşterea exagerată a energiei de aeraj.

Economisirea energiei electrice prin soluţii eficiente are o importanţă deosebită în conjunctura actuală şi de viitor, inclusiv sub aspectul prevenirii unor investiţii energetice extrem de costisitoare, aceste lucrări înglobînd, la rîndul lor, şi o cantitate de energie însemnată.

În cele ce urmează, se vor determina parametrii de aeraj optimi ai lucrărilor miniere, relaţiile generalizîndu-se şi pentru dimensionarea conductelor de aeraj.

## II. Dimensionarea lucrărilor miniere şi a conductelor de aeraj în funcţie de costurile necesare realizării şi exploatării lor

1. *Lucrări miniere noi de aeraj*

Secţiunea optimă a lucrărilor miniere de aeraj se obţine prin minimizarea funcţiei de cost formată din investiţia necesară realizării lucrării, cel necesar reparării-întreţinerii ei şi din costul energiei de aeraj pe perioada $t$, corespunzător debitului de aer $Q$:

$$C_t = C_i + C_r + C_E = C_{ir} + C_E = rcS + \\ + \frac{RQ^3}{102\eta} c_e t = rcS + \frac{\alpha K S^{-2,5} Q^3}{102\eta} c_e t, \quad \text{lei/m} \quad (1)$$

în care:

- $r$ este coeficientul supraunitar reprezentînd majorarea costului de investiţie cu cota destinată întreţinerii lucrării miniere;
- $c$ — costul de investiţie specific secţiunii libere a lucrării miniere, lei/m²;
- $R$ — rezistenţa de aeraj a lucrării miniere, Kμ;
- $Q$ — debitul de aer vehiculat prin lucrarea minieră, m³/s;
- $c_e$ — costul specific al energiei electrice, lei/kWh;
- $t$ — durata de funcţionare a lucrării miniere la nivelul debitului $Q$, h;
- $\eta$ — randamentul de funcţionare al ventilatorului principal;
- $\alpha$ — coeficientul de rezistenţă aerodinamică a lucrării;
- $K$ — coeficientul de secţiune a lucrărilor (în medie = 3,5).

Parametrii necesari se pot dezvolta şi din expresia costului debitului specific:

$$c_t = \frac{C_t}{Q}, \quad \text{lei/m şi m}^3\text{/s} \qquad (2)$$

Prin metoda directă, calculînd valoarea $c$ pe baza devizelor întocmite pentru 3—4 profile de lucrări aparţinînd intervalului considerat pe baza vitezei optime (fig. 2), secţiunea optimă rezultă pentru valoarea minimă a funcţiei (1).

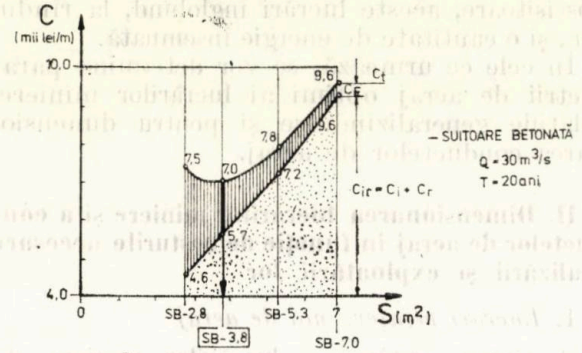



Fig. 2

Optimul se mai poate obţine în urma anulării derivaţiei funcţiei (1) faţă de $S$, sau a funcţiei (2) faţă de $Q$ sau $S$:

$$\frac{dC_t}{dS} = rc - \frac{2{,}5\,\alpha K S^{-3{,}5} Q^3}{102\eta}\, c_e\, t = 0 \qquad (3)$$

$$S_0 = \sqrt[3{,}5]{\frac{2{,}5\,\alpha K c_e\, Q^3\, t}{102\eta\, rc}} = \sqrt[3{,}5]{At\,Q^3} =$$

$$= (Atv^3)^2, \text{ m}^2 \qquad (4 \text{ şi } 4a)$$

respectiv:

$$c_t = \frac{C_t}{Q} = \frac{rcS}{Q} + \frac{\alpha K S^{-2{,}5}\, Q^2}{102\,\eta}\, c_e t, \text{ lei} \qquad (5)$$

$$\frac{dc_t}{dS} = \frac{rc}{Q} - \frac{2{,}5\alpha\, KS^{-3{,}5} Q^2}{102\eta}\, c_e\, t = 0 \qquad (6)$$

$$S_0 = \sqrt[3{,}5]{\frac{2{,}5\alpha\, KQ^3\, c_e t}{102\eta\, rc}} = \sqrt[3{,}5]{AtQ^3}, \text{ m}^2 \qquad (7)$$

$$\frac{dc_t}{dQ} = -\frac{rcS}{Q^2} + \frac{2\alpha K S^{-2{,}5} Q}{102\eta}\, c_e t = 0 \qquad (8)$$

$$S_0 = \sqrt[3{,}5]{\frac{2\alpha K Q^3\, c_e t}{102\eta\, rc}} = \sqrt[3{,}5]{0{,}8\,AtQ^3}, \text{ m}^2 \qquad (9)$$

Se remarcă o diferenţă practic neesenţială de $-6\%$ în cazul determinării secţiunii optime în funcţie de variaţia $Q$ faţă de variaţia $S$.

Din această expresie se poate exprima şi debitul, viteza optimă a curentului de aer, precum şi timpul de funcţionare optim a lucrării, în funcţie de restul elementelor considerate:

$$Q_0 = \sqrt[3]{\frac{S^{3,5}}{At}} = (Atv^{3,5})^2, \text{ m}^3\text{/s} \qquad (10 \text{ şi } 10a)$$

$$v_0 = \sqrt[3]{\frac{S^{0,5}}{At}} = \sqrt[3,5]{\frac{Q^{0,5}}{At}}, \text{ m/s} \qquad (11 \text{ şi } 11a)$$

$$t_0 = \frac{S^{3,5}}{AQ^3} = \frac{S^{0,5}}{Av^3}, \text{ h} \qquad (12 \text{ şi } 12a)$$

Diagramele din figurile 3, 4 şi 5, construite pe baza acestor relaţii, servesc la determinarea

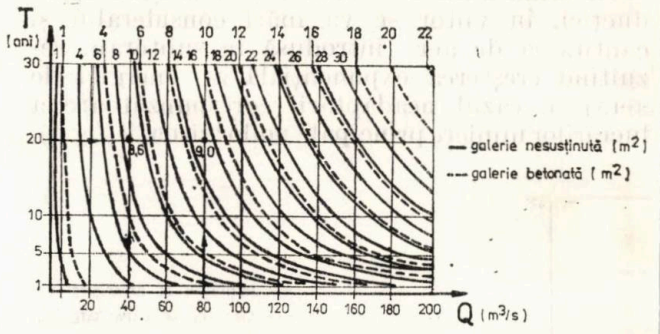



Fig. 3

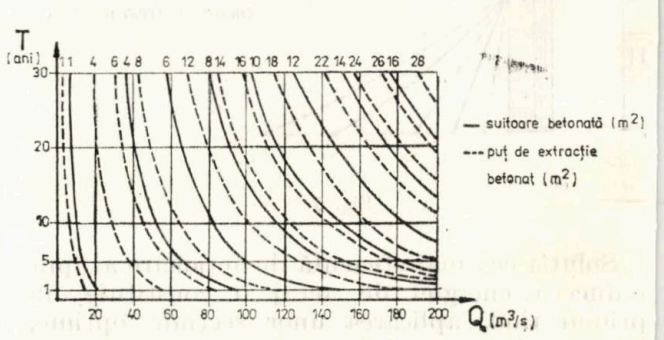



Fig. 4

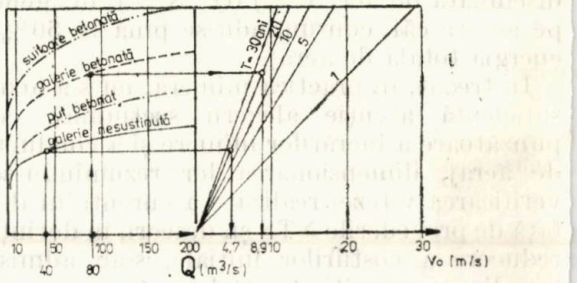



Fig. 5

rapidă a secţiunii, duratei de funcţionare a lucrării şi a vitezei optime a curentului de aer.

S-au analizat cele patru genuri de lucrări miniere frecvent întîlnite în cazul lucrărilor miniere de aeraj, iar pentru simplificare, elementele de calcul s-au considerat la nivelul valorilor practice medii:

— $K = 3{,}5$; $c_e = 0{,}40$ lei/kWh; $r = 1{,}2$; $\eta = 0{,}70$; $t' = 8\,760$ h/an (în cazul unui regim de funcţionare intermitent se va utiliza o durată proporţional redusă).

Înlocuind aceste valori în relaţia (7), rezultă expresii simplificate a secţiunii optime în cazul celor patru genuri de lucrări (tab. 1*a*).

Pentru corectarea rezultatelor citite din diagrame, în cazul altor valori ale elementelor componente a expresiei $A$, faţă de cele considerate mai sus, în figura 6 se evidenţiază diferenţele la nivelul rezultatelor. Astfel, dacă în cazul galeriilor nesusţinute $\alpha$ creşte la valoarea de 0,0030 (+ 50%), secţiunea necesară creşte cu 12%, iar dacă într-un alt caz, debitul creşte cu 20%, secţiunea se va mări cu 16%.

În tabelul 2 se arată modul de utilizare a diagramelor din figurile 3, 4, respectiv 5, considerînd o galerie nesusţinută.

*Tabelul 1*

| Felul lucrării | $c$, lei/m³ | $\alpha$ |
|---|---|---|
| Galerie nesusţinută | 500 | 0,0020 |
| Galerie betonată | 1 000 | 0,0006 |
| Suitoare de aeraj betonată | 1 500 | 0,0004 |
| Puţ de extracţie betonat | 2 200 | 0,0035 |

*Tabelul 1a*

| Specificaţie | $S_0$, $D_0$ | Raportare faţă de poziţia 1, % |
|---|---|---|
| Galerie nesusţinută | $S_0 = 0{,}154\,(Q^3 T)^{\frac{1}{3,5}}$ | 100 |
| Galerie betonată | $S_0 = 0{,}090\,(Q^3 T)^{\frac{1}{3,5}}$ | 58 |
| Suitoare betonată | $S_0 = 0{,}071\,(Q^3 T)^{\frac{1}{3,5}}$ | 46 |
| Puţ de extracţie betonat | $S_0 = 0{,}116\,(Q^3 T)^{\frac{1}{3.5}}$ | 75 |
| Conductă de aeraj | $D_0 = 0{,}394\,(Q^3 T)^{\frac{1}{6}}$ | — |
| | $S_0 = 0{,}123\,(Q^3 T)^{\frac{1}{3}}$ | 90–110 |

Obs. $T$ se exprimă în ani

*Tabelul 2*

| Elemente date | Elemente rezultate | |
|---|---|---|
| | din figura 3 | din figura 4 |
| Cazul 1<br>$Q = 40$ m³/h<br>$T = 20$ ani | $S = 8{,}6$ m²<br>$v = Q$; $S = 4{,}7$m/s | $v = 4{,}7$ m/s<br>$S = Q$; $v = 8{,}6$ m² |
| Cazul 2<br>$Q = 40$ m³/s<br>$S = 8{,}6$ m² | $T = 20$ ani<br>$v = Q$;<br>$S = 4{,}7$ m/s | $v = Q$;<br>$S = 4{,}7$ m/s<br>$T = 20$ ani |
| Cazul 3<br>$S = 8{,}6$ m²<br>$T = 20$ ani | $Q = 40$ m³/h<br>$v = Q$;<br>$S = 4{,}7$ m/s | Prin extrapolare succesivă în domeniul probabil<br>$Q = 40$ m³/s şi<br>$v = 4{,}7$ m/s |

Valorile din tabel, rezultate din diagrame, sînt foarte apropiate de cele calculate analitic cu relaţiile (7), (10), (11), (12) ($S = 8{,}55$ m²; $v = 4{,}68$ m/s; $T = 20$ ani, $Q = 40$ m³/s).

În cazul unei mine de mare capacitate din bazinul Baia Mare (mina G) cu un debit de aer necesar de 110 m³/s, proiectat cu un sistem de aeraj diagonal, avînd două instalaţii de aeraj, deservind cele două sectoare de aeraj, s-a avut în vedere — în funcţie de necesitatea sectoarelor — menţinerea ventilatorului existent tip VAT-12 şi instalarea unui ventilator VOD-21.

S-a căutat ca noul ventilator de mare capacitate să funcţioneze la randamentul maxim, prin stabilirea punctului de funcţionare în zona optimă a diagramei de lucru, ca urmare a reducerii rezistenţei minei cu cheltuieli minime şi a stabilirii unui debit de funcţionare corespunzător. Astfel, se apreciază că pe durata de exploatare a zăcămîntului adiacent acestei staţii ($T = 20$ ani), prin galeria de evacuare, în lungime de 400 m, se vor vehicula, în medie, 80 m³/s. Condiţiile geo-miniere, precum şi durata

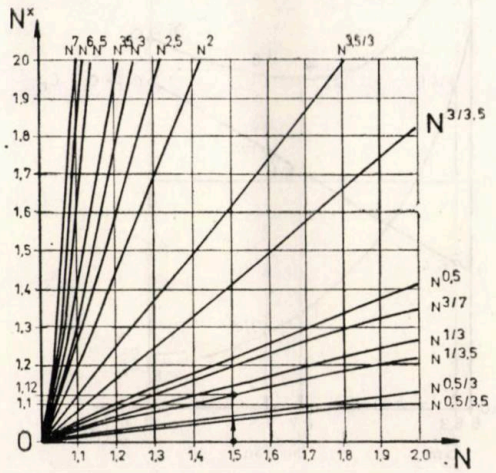



Fig. 6

de funcţionare îndelungată a lucrării, impun executarea unei lucrări betonate, rezultînd o secţiune optimă de 8,7 m²:

$$S_0 = \sqrt[3,5]{AtQ^3} = (0{,}214 \times 10^{-7} \times 20 \times 8760 \times 80^3)^{\frac{1}{3,5}} =$$

$$= 8{,}7 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{2{,}5\alpha K c_e}{102\eta rc} = \frac{2{,}5 \times 0{,}0006 \times 3{,}5 \times 0{,}40}{102 \times 0{,}80 \times 1{,}2 \times 1\,000} =$$

$$= 0{,}214 \times 10^{-7}$$

Din diagramă (fig. 4) rezultă 9 m², corectat cu diferenţa de randament (−5 %), $S_0$ = 8,6 m², practic egal cu cel calculat analitic.

În proiect s-a ales un profil de lucrare GDB-9,0, mărindu-se suprafaţa liberă — prin pozarea unei singure căi ferate în vatra de beton — la 9,5 m². În figura 7 se prezintă variaţia cheltuielilor, începînd cu suprafaţa minimă necesară conform N.T.S. (cca. 5 m²).

Din analiza diagramei din figura 7, se remarcă avantajul alegerii secţiunii de lucrare tipizate superioare celei calculate $S_0$, faţă de o subdimensionare, mai ales datorită reducerii accentuate a consumului de energie în această zonă.

Secţiunea aleasă de 9,5 m² prezintă o economie totală de 2,4 mil. lei şi economie de energie de 4,24 mil. lei, echivalent cu 10,6 mil. kWh (pe cei 400 m lungime a galeriei) faţă de secţiunea minimă posibilă de 5,3 m² şi un cost total suplimentar doar de 40 mii lei, obţinînd însă o economie de energie de 320 mii lei, corespunzător cu 800 mii kWh, faţă de secţiunea optimă de 8,7 m².

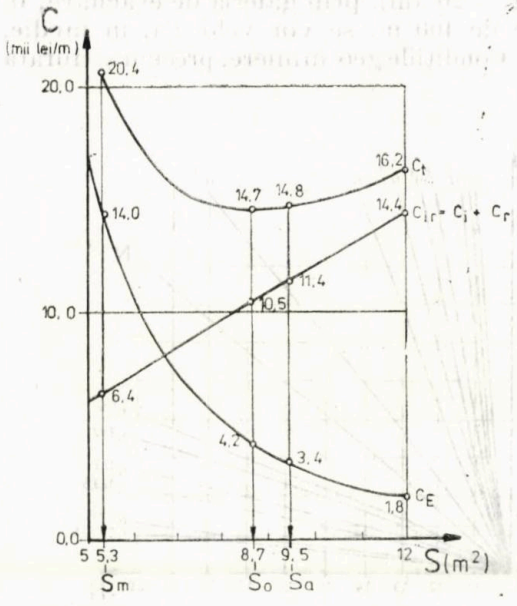



Fig. 7

2. *Mărirea secţiunii lucrărilor pentru aeraj prin lărgire sau prin crearea unor noi căi paralele*

Deseori, secţiunile unor lucrări miniere de aeraj existente, precum şi secţiunile unor lucrări miniere de transport existente sau proiectate numai pentru necesităţile transportului, nu satisfac, în condiţii optime, sarcinile de aeraj, fiind necesară realizarea unei secţiuni suplimentare $s$, faţă de cea iniţială $S$, prin lărgirea sau prin realizarea unei căi suplimentare paralele (fig. 8).

Lărgirea este preferată dacă posibilităţile tehnice o admit şi, în special, cînd mărimea secţiunii suplimentare nu se apropie de valoarea unei secţiuni minime realizabile, avînd avantajul costului de execuţie redus şi a rezistenţei aerodinamice mai reduse a noii secţiuni. Condiţiile tehnice de realizare a lucrărilor de lărgire sînt legate de posibilitatea eliberării lucrării existente pe durata execuţiei, de limitarea noii secţiuni la dimensiuni care să nu afecteze stabilitatea lucrării, de felul de susţinere a lucrării etc.

Realizarea unei căi paralele este avantajoasă cînd nu există posibilităţi tehnice favorabile lărgirii şi, îndeosebi, cînd lucrarea se poate executa independent de reţeaua activă a minei.

Funcţia matematică utilizată este asemănătoare cu cea folosită la determinarea secţiunii optime a lucrărilor miniere de aeraj noi, cheltuielile de investiţii şi întreţinere referindu-se la secţiunea suplimentară $s$, iar cheltuielile de energie la secţiunea lărgită $S + s$.

$$C_t = C_i + C_r + C_E = rsc + \frac{RQ^3}{102\eta} c_e t =$$

$$= rsc + \frac{\alpha K Q^3 c_e t}{102\eta} (S + s)^{-2,5} =$$

$$= rsc + BQ^3 t (S + s)^{-2,5}, \text{ lei} \qquad (13)$$

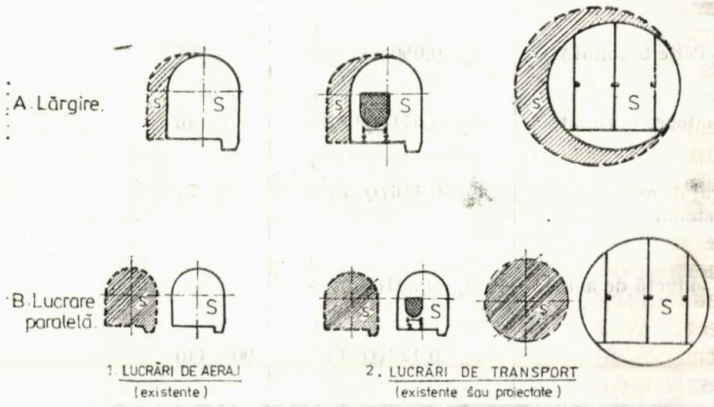
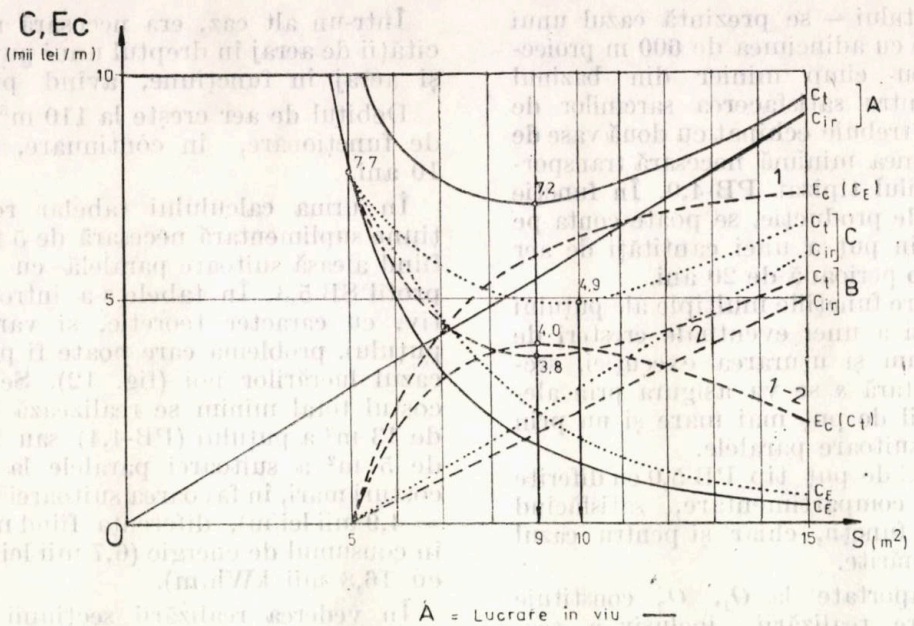



Fig. 8




A = Lucrare în viu ——
B = Lărgire – – –
C = Lucrare paralelă .....

Fig. 9

Rezultatele similare se obţin prin maximizarea funcţiei de economie, realizată în urma lărgirii, fapt evidenţiat în figura 9.

Deoarece găsirea minimului funcţiei (13) prin derivare este dificilă, se recurge la efectuarea unor încercări succesive cu valori crescînde pentru $s$, în zona vitezelor optime valabile secţiunilor executate în viu (fig. 3, 4, 5). Mărimile $rc$, respectiv $BQ^3t$ şi $S$ sînt constante pentru un caz considerat, urmînd ca în relaţia (13) să se înlocuiască valori succesiv crescînde numai pentru secţiunea suplimentară $s$.

Astfel, în cazul unei galerii nesusţinute cu secţiune liberă de 5 m², cu posibilităţi de lărgire sau cu crearea unei căi paralele, prin care circulă un debit de 40 m³/s, avînd durata de funcţionare de 20 ani, diferenţă existînd numai la cheltuielile de săpare în cazul lărgirii ($c$ = = 400 lei/m²), comparativ cu săparea în viu, variaţia rezultatelor este prezentată în figura 9.

Într-un alt caz, la o mină din bazinul Baia Mare, debitul de aer vehiculat — printr-o galerie betonată cu secţiunea liberă de 6 m², în lungime de 250 m — va creşte de la 85 la 110 m³/s. Debitul mărit ar face ca viteza curentului de aer să crească peste limitele admise de N.T.S. (18,3 m³/s faţă de maximum 15 m³/s), iar pe de altă parte ar reclama un consum de energie de 2,2 ori mai mare faţă de energia de vehiculare iniţială (+ 5 mil. kWh, respectiv + 2 mil. lei în 10 ani). În această situaţie se justifică executarea unei galerii de aeraj paralele, care să asigure un cost minim de investiţii şi în exploatare pe durata celor 10 ani de funcţionare a lucrării (fig. 10).

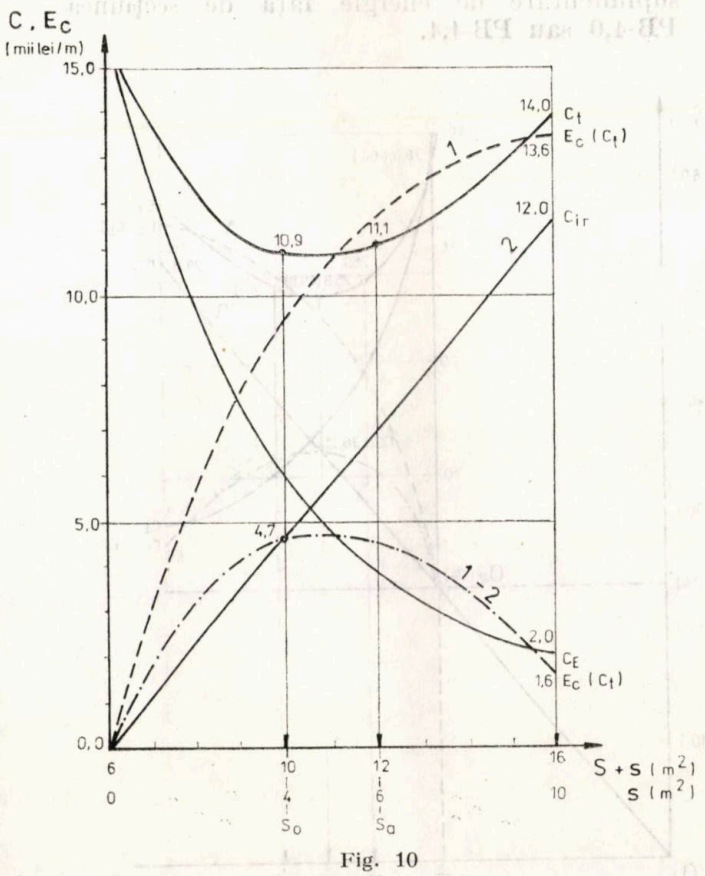



Fig. 10

Pentru ilustrarea cazului de determinare a secţiunii suplimentare $s$, necesară asigurării secţiunii optime din punct de vedere al aerajului — faţă de secţiunea $S$, strict necesară desfă-

şurării transportului — se prezintă cazul unui puţ de extracţie cu adîncimea de 600 m proiectat într-un nou cîmp minier din bazinul Baia Mare. Pentru satisfacerea sarcinilor de transport, puţul trebuie echipat cu două vase de extracţie, secţiunea minimă necesară transportului fiind profilul tipizat PB-4,0. În funcţie de capacitatea de producţie, se poate conta pe introducerea prin puţ a unei cantităţi de aer de 100 $m^3/s$ pe o perioadă de 20 ani.

Avînd în vedere funcţiile multiple ale puţului şi satisfacerea şi a unei eventuale creşteri de producţie, precum şi uşurarea execuţiei, secţiunea suplimentară $s$ se va asigura prin alegerea unui profil de puţ mai mare şi nu prin realizarea unei suitoare paralele.

S-a ales profilul de puţ tip PB-5,0 cu diferite posibilităţi de compartimentare, satisfăcînd astfel multiplele funcţii, chiar şi pentru cazul unei producţii mărite.

Elementele raportate la $O_1$, $O_2$ constituie costurile necesare realizării, inclusiv a secţiunii PB-4,0 strict necesare transportului, respectiv costurile necesare executării numai a secţiunii suplimentare $s$ pentru realizarea unui aeraj optim (fig. 11), reprezentînd şi economii suplimentare de energie faţă de secţiunea PB-4,0 sau PB-4,4.

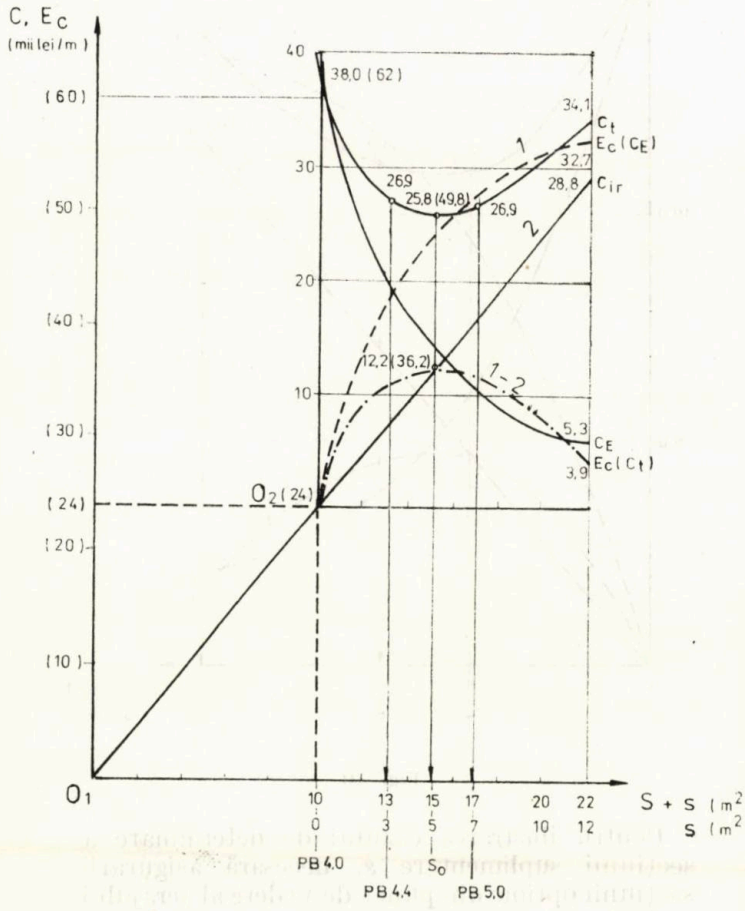



Fig. 11

Într-un alt caz, era necesară mărirea capacităţii de aeraj în dreptul unui puţ de transport şi aeraj în funcţiune, avînd profil PB-4,0.

Debitul de aer creşte la 110 $m^3/s$, iar timpul de funcţionare, în continuare, este de circa 10 ani.

În urma calculului tabelar rezultă o secţiune suplimentară necesară de 5 $m^2$, în proiect fiind aleasă suitoare paralelă cu puţul, avînd profil SB-5,3. În tabele s-a introdus comparativ, cu caracter teoretic, şi varianta lărgirii puţului, problemă care poate fi pusă numai în cazul lucrărilor noi (fig. 12). Se remarcă că, costul total minim se realizează la o secţiune de 13 $m^2$ a puţului (PB-4,4) sau la o secţiune de 5 $m^2$ a suitoarei paralele la diferenţă de costuri mari, în favoarea suitoarei (20,3 — 15,4 = = 4,9 mii lei/m), diferenţa fiind mai pregnantă în consumul de energie (6,7 mii lei/m echivalent cu 16,8 mii kWh/m).

În vederea realizării secţiunii optime prin lărgirea lucrării existente sau prin executarea unei lucrări paralele cu cea existentă, comparativ cu cazul executării lucrării în viu, în figura 12 *a* se prezintă variaţia secţiunii optime în cazul unei galerii nesusţinute pentru mai multe variante de debite de aer. Se remarcă că minimele fasciculelor de curbe sînt colineare, iar coeficientul unghiular a axei formate este determinat, în primul rînd, de cheltuielile de energie. În concluzie, secţiunea optimă pentru un caz dat — pentru diferite variante de debite — trebuie căutată de-a lungul acestor axe.

### 3. *Dimensionarea conductelor de aeraj*

Conductele de aeraj deservesc, de obicei, pe durata lor de funcţionare, mai multe lucrări miniere, fiind necesară montarea-demontarea lor succesivă. Avînd în vedere costul redus a operaţiei de montaj-demontaj, precum şi frecvenţa redusă a acestora în cazul lucrărilor de mare lungime, conductele de aeraj se pot analiza prin analogie cu lucrările miniere, preţul de achiziţionare constituind investiţia, iar costul mediu al reparaţiilor şi montărilor-demontărilor (15 %+3×5 %) considerîndu-se analog cu factorul $r$. Influenţa acestor simplificări nu modifică esenţial rezultatele în diferite situaţii practice. Durata de funcţionare $t$ se referă la durata de funcţionare a conductei de aeraj la nivelul debitului $Q$.

Faţă de lucrările miniere în care costurile specifice sînt caracteristice secţiunilor $S$, în cazul conductelor de aeraj ele sînt proporţionale cu perimetrul, respectiv diametrul conductelor. În urma analizei gamei de conducte de aeraj uzuale cu diametre de 400 ÷ 700 mm, rezultă că preţul unitar pe metru de conductă este aproape constant pe unitate de diametru (între 218 şi 256 lei, media fiind 230 lei).

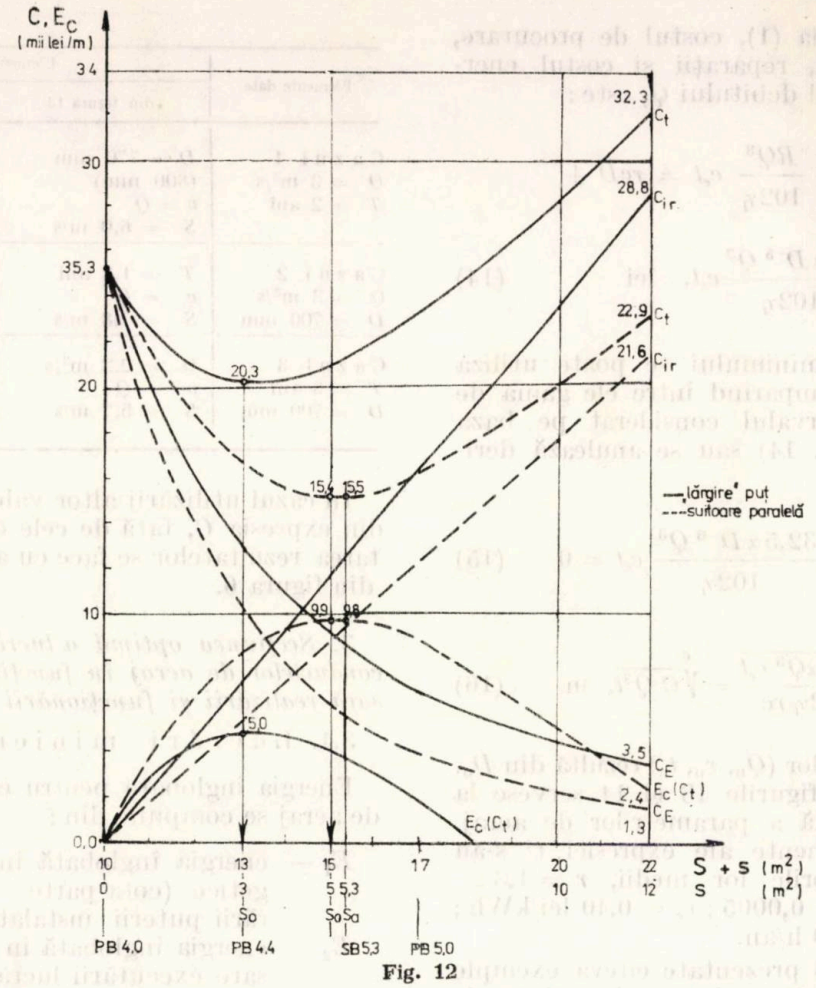



Fig. 12

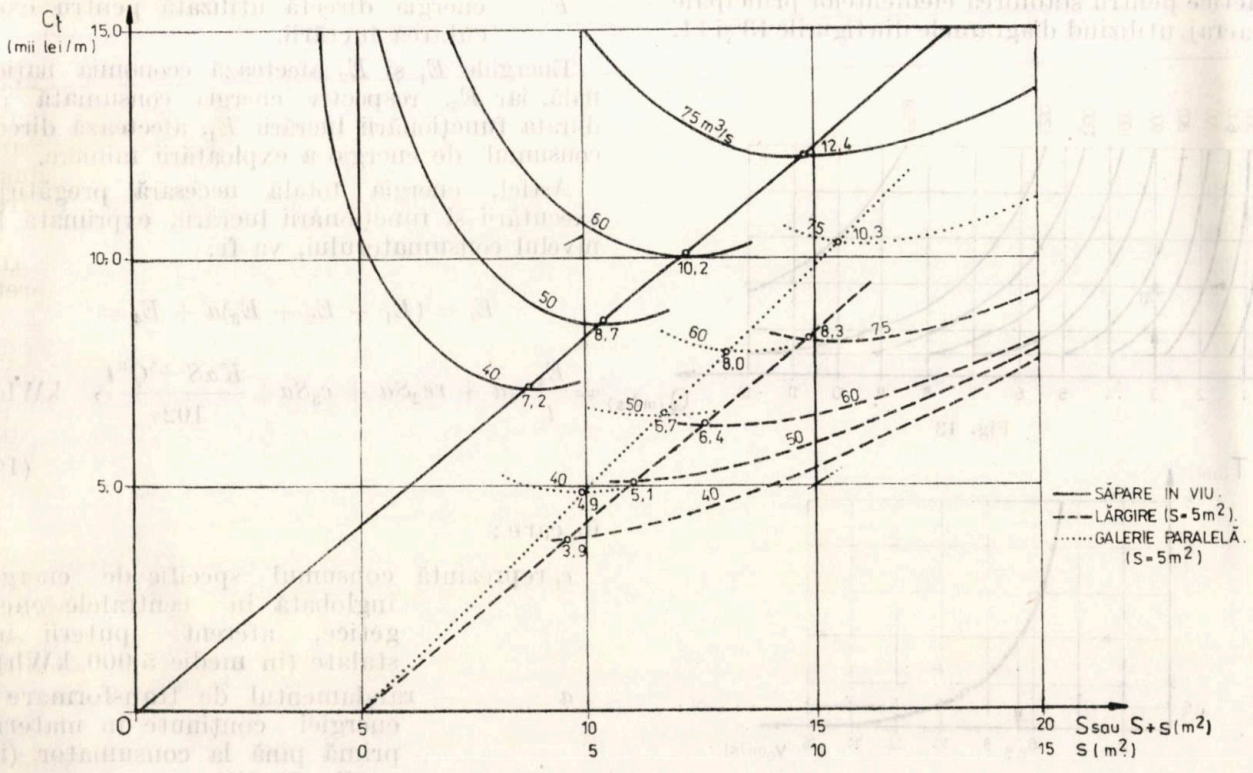



Fig. 12 a

Analog cu funcția (1), costul de procurare, montare-demontare, reparații și costul energiei de vehiculare al debitului $Q$, este:

$$C_t = rcD + \frac{RQ^3}{102\eta}\, c_e t = rcD +$$

$$+\frac{6{,}5\alpha D^{-5} Q^3}{102\eta}\, c_e t, \quad \text{lei} \qquad (14)$$

Pentru găsirea minimului se poate utiliza metoda directă, comparînd între ele gama de conducte din intervalul considerat pe baza vitezei optime (fig. 14) sau se anulează derivata funcției (14):

$$\frac{dC_t}{dD} = rc - \frac{32{,}5\alpha D^{-6} Q^3}{102\eta}\, c_e t = 0 \qquad (15)$$

$$D_0 = \sqrt[6]{\frac{32{,}5\alpha Q^3\, c_e t}{102\eta\, rc}} = \sqrt[6]{C\, Q^3 t}, \quad \text{m} \qquad (16)$$

Restul parametrilor ($Q_0$, $v_0$, $t_0$) rezultă din $D_0$.

Diagramele din figurile 13 și 14 servesc la determinarea rapidă a parametrilor de aeraj. Elementele componente ale expresiei $C$ s-au considerat la valorile lor medii, $r = 1{,}3$; $c = 230$ lei/m; $\alpha = 0{,}0005$; $c_e = 0{,}40$ lei/kWh; $\eta_i = 0{,}50$; $t = 8\,760$ h/an.

În tabelul 3 sînt prezentate cîteva exemple practice pentru stabilirea elementelor principale de aeraj, utilizînd diagramele din figurile 13 și 14.

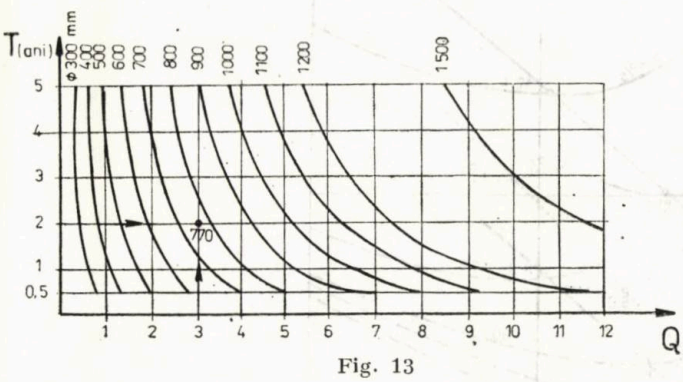



Fig. 13

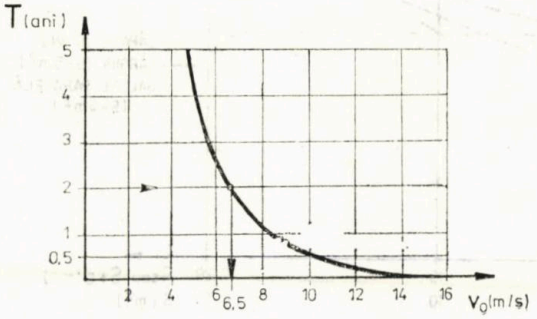



Fig. 14

*Tabelul 3*

| Elemente date | Elemente rezultate | |
|---|---|---|
| | din figura 13 | din figura 14 |
| Cazul 1<br>$Q = 3$ m³/s<br>$T = 2$ ani | $D = 770$ mm<br>(800 mm)<br>$v = Q$<br>$S = 6{,}0$ m/s | $v = 6{,}5$ m/s<br>$S = Q$;<br>$v = 0{,}46$ m²<br>($D = 770$ mm) |
| Cazul 2<br>$Q = 3$ m³/s<br>$D = 700$ mm | $T = 1{,}2$ ani<br>$v = Q$;<br>$S = 7{,}8$ m/s | $v = Q$;<br>$S = 7{,}8$ m/s<br>$T = 1{,}2$ ani |
| Cazul 3<br>$T = 3$ ani<br>$D = 700$ mm | $Q = 2{,}2$ m³/s<br>$v = Q$;<br>$S = 5{,}7$ m/s | $v = 5{,}7$ m/s<br>$Q = 2{,}2$ m³/s |

În cazul utilizării altor valori ale elementelor din expresia $C$, față de cele considerate, corectarea rezultatelor se face cu ajutorul diagramei din figura 6.

3. *Secțiunea optimă a lucrărilor miniere și a conductelor de aeraj în funcție de energia necesară realizării și funcționării lor*

3.1. Lucrări miniere de aeraj

Energia înglobată pentru executarea lucrării de aeraj se compune din:

- $E_1$ — energia înglobată în centralele energetice (cota-parte necesară asigurării puterii instalate la ventilator);
- $E_2$ — energia înglobată în materialele necesare executării lucrării;
- $E_3$ — energia directă utilizată pentru executarea lucrării.

Energiile $E_1$ și $E_2$ afectează economia națională, iar $E_3$, respectiv energia consumată pe durata funcționării lucrării $E_4$, afectează direct consumul de energie a exploatării miniere.

Astfel, energia totală necesară pregătirii, executării și funcționării lucrării, exprimată la nivelul consumatorului, va fi:

$$E_t = (E_1 + E_2 + E_3)a + E_4 =$$

$$= \frac{E_4}{t} e_1 a + re_2 Sa + e_3 Sa + \frac{K\alpha S^{-2{,}5} Q^3 t}{102\eta_i}, \quad \text{kWh} \qquad (17)$$

în care:

- $e_1$ reprezintă consumul specific de energie înglobată în centralele energetice, aferent puterii instalate (în medie 5 000 kWh);
- $a$ — randamentul de transformare a energiei conținute în materia primă pînă la consumator (în medie 35 %);

$r$ — coeficientul supraunitar reprezentînd majorarea energiei înglobate cu cota destinată întreţinerii-reparării lucrării în perioada $t$ (în medie $r = 1{,}2$);

$e_2$ — consumul specific de energie înglobată în materialele necesare executării lucrării (kWh/m² liber);

$e_3$ — consumul specific de energie directă utilizată pentru executarea lucrării (kWh/m² liber).

Pentru aflarea minimului funcţiei (17), se procedează la anularea derivatei în funcţie de $S$ :

$$\frac{dE_t}{dS} = -\frac{2{,}5\alpha KS^{-3,5}Q^3}{102\eta}(e_1a+t)+a(re_2+e_3) = 0 \qquad (18)$$

$$S_0 = \sqrt[3,5]{\frac{2{,}5\,\alpha KQ^3(e_1a+t)}{102\eta a(re_2+e_3)}},\ \text{m}^2 \qquad (19)$$

Din această expresie se exprimă uşor şi debitul, viteza optimă a curentului de aer, precum şi timpul de funcţionare optim a lucrării în funcţie de restul elementelor considerate.

Utilizînd energiile înglobate, specifice, cuprinse în tabelul 4, prin compararea formulelor de calcul pe baza costurilor (7) şi pe baza energiei (19), rezultă coeficienţii de majorare a secţiunilor, pentru determinarea parametrilor optimi în funcţie de energie putîndu-se folosi diagramele 3, 4 şi 5.

*Tabelul 4*

| Denumirea lucrării | $c_1$, kWh/kW | $c_2$, kWh/m³ | $c_3$, kWh/m² | Coeficient de majorare |
|---|---|---|---|---|
| Galerii nesusţinute | 5 000 | 200 | 90 | 2,08 |
| Galerii betonate | 5 000 | 400 | 120 | 2,12 |
| Suitoare de aeraj betonată | 5 000 | 700 | 120 | 2,10 |
| Puţ de extracţie betonat | 5 000 | 1 300 | 120 | 2,03 |

Rezultă că în cazul lucrărilor săpate în viu, secţiunea optimă pe bază de energie, făcînd abstracţie de cheltuieli, practic este dublă faţă de cea calculată pe bază de costuri, în cazul unor durate de funcţionare obişnuite de peste 3 ani.

Se remarcă că pentru cazul prezentat în figura 7, din care, pe baza costurilor, a rezultat o secţiune optimă de 8,7 m², pe baza energiei rezultă 19 m², ponderea energiilor componente în echivalent valoric şi în procente, la nivelul celor două secţiuni, fiind cea din tabelul 5.

*Tabelul 5*

| $S_0$, m² | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ | $E_4$ | $E_t$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 8,7 | 0,1 / 2 | 0,6 / 12 | 0,1 / 2 | 4,2 / 84 | 5,0 / 100 |
| 19 | 0,01 / 1 | 1,3 / 59 | 0,3 / 14 | 0,6 / 26 | 2,2 / 100 |

(mii lei/m / %)

În figura 15 se prezintă variaţia comparativă a costurilor considerate pe baza cheltuielilor componente ($C_{tr}$, $C_E$, $C_t$), precum şi pe baza costurilor echivalente a energiei $E_1$, $E_2$, $E_3$, $E_4$, $Et$ în cazul galeriei betonate pentru mina G.

Dacă se consideră numai energiile $E_3$ şi $E_4$ utilizate de exploatarea minieră pentru realizarea şi funcţionarea lucrării, secţiunea optimă creşte considerabil :

$$E_{34} = e_3Sa + \frac{\alpha KS^{-2,5}Q^3t}{102\eta},\ \text{kWh} \qquad (20)$$

$$\frac{dE_{34}}{dS} = e_3a - \frac{2{,}5\,\alpha KS^{-3,5}Q^3t}{102\eta} = 0 \qquad (21)$$

$$S_0 = \sqrt[3,5]{\frac{2{,}5\,\alpha KQ^3t}{102\eta e_3a}},\ \text{m}^2 \qquad (22)$$

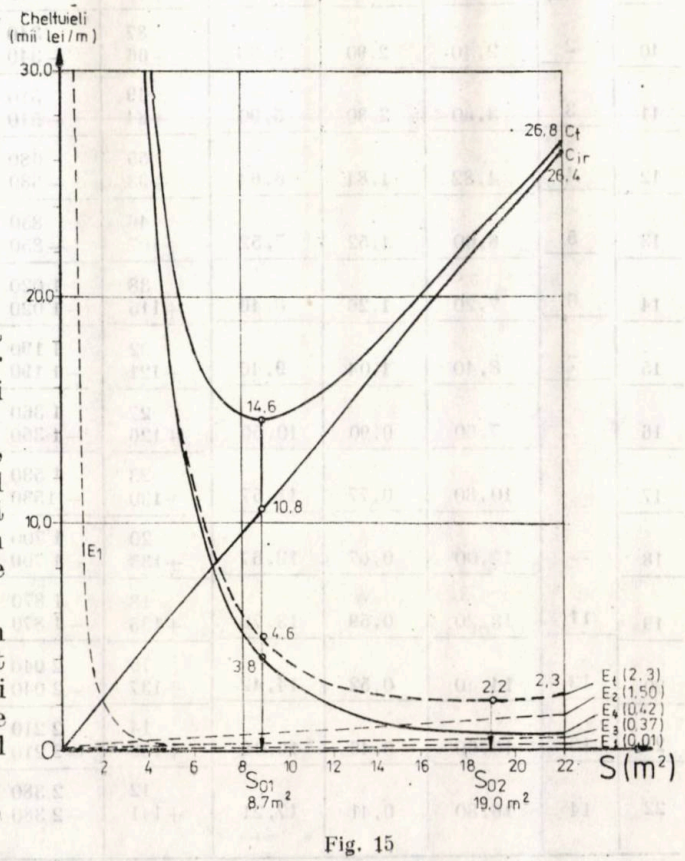



Fig. 15

Pentru cazul considerat rezultă 29 m², iar dacă se va lua în considerare numai $E_4$, pentru $S_0$ rezultă o mărime infinită.

Bineînțeles, mărimea secțiunii optime, pe baza energiei înglobate și consumate, depinde, în mare măsură, de durata de funcționare a lucrării, lucru și mai reliefat în cazul îmbunătățirii unei lucrări existente.

3.2. Mărirea secțiunii lucrărilor miniere pentru aeraj

Secțiunea optimă rezultă pentru valoarea minimă a energiei totale sau pentru valoarea maximă a economiei de energie, față de energia consumată în cazul secțiunii inițiale $S$:

$$E_t = (E_1 + E_2 + E_3)a + E_4 = \frac{E_4}{t} e_1 a + re_2 sa + e_3 sa + \frac{K\alpha Q^3 t}{102\eta}[S^{-2,5} - (S+s)^{-2,5}], \text{ kWh} \quad (23)$$

respectiv:

$$\Delta E_t = (\Delta E_1 - \Delta E_2 - \Delta E_3)a + \Delta E_4, \text{ kWh} \quad (24)$$

în care $\Delta E_t$ reprezintă diferențele de energie a secțiunii considerate $(S + s)$ față de cea existentă $S$.

În tabelul 6 și figura 16 se observă variația consumurilor de energie și a costurilor, odată cu creșterea secțiunii libere a lucrării miniere, avînd secțiunea inițială de 8 m² ($Q = 80$ m³/s, $T = 20$ ani), rezultînd o secțiune optimă de 9 m², pe baza cheltuielilor, și de 18 m², pe baza energiei consumate.

3.3. Dimensionarea conductelor de aeraj

Diametrul optim al conductelor de aeraj în funcție de energia consumată:

$$E_t = (E_1 + E_2 + E_3)a + E_4 = \frac{E_4}{t} e_1 a + re_2 Da + e_3 Da + \frac{6{,}5\ \alpha D^{-5} Q^3 t}{102\eta}, \text{ kWh} \quad (25)$$

*Tabelul 6*

| $S+s$, m² | $s$, m² | Costuri specifice, lei/m | | | Consum specific de energie, kWh/m | | | | | $\frac{E_t}{\Delta E_t}$, lei/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $C_{tr}$ | $C_E$ | $C_t$ | $\frac{E_1}{\Delta E_1}$ | $\frac{E_2}{\Delta E_2}$ | $\frac{E_3}{\Delta E_3}$ | $\frac{E_4}{\Delta E_4}$ | $\frac{E_t}{\Delta E_t}$ | |
| 8 | — | — | 5,10 | 5,10 | 153 | — | — | 12 750 | 12 903 | 5 160 |
| 9 | 1 | 1,20 | 3,80 | 5,00 | 114<br>+39 | 170<br>−170 | 42<br>−42 | 9 500<br>+3 250 | 9 826<br>+3 077 | 3 920<br>1 230 |
| 10 | 2 | 2,40 | 2,90 | 5,30 | 87<br>+66 | 340<br>−340 | 84<br>−84 | 7 250<br>+5 500 | 7 761<br>+5 142 | 3 104<br>2 056 |
| 11 | 3 | 3,60 | 2,30 | 5,90 | 69<br>+84 | 510<br>−510 | 126<br>−126 | 5 750<br>+7 000 | 6 455<br>+6 448 | 2 580<br>2 580 |
| 12 | 4 | 4,82 | 1,84 | 6,64 | 55<br>+98 | 680<br>−680 | 168<br>−168 | 4 600<br>+8 150 | 5 503<br>+7 400 | 2 200<br>2 960 |
| 13 | 5 | 6,00 | 1,52 | 7,52 | 46<br>+107 | 850<br>−850 | 210<br>−210 | 3 800<br>+8 750 | 4 906<br>+7 997 | 1 962<br>3 198 |
| 14 | 6 | 7,20 | 1,26 | 8,46 | 38<br>+115 | 1 020<br>−1 020 | 252<br>−252 | 3 150<br>+9 600 | 4 460<br>+8 443 | 1 784<br>3 376 |
| 15 | 7 | 8,40 | 1,04 | 9,46 | 32<br>+121 | 1 190<br>−1 190 | 294<br>−294 | 2 650<br>+10 100 | 4 166<br>+8 737 | 1 666<br>3 494 |
| 16 | — | 7,60 | 0,90 | 10,50 | 27<br>+126 | 1 360<br>−1 360 | 346<br>−336 | 2 250<br>+10 500 | 3 973<br>+8 930 | 1 588<br>3 572 |
| 17 | — | 10,80 | 0,77 | 11,57 | 23<br>+130 | 1 530<br>−1530 | 378<br>−378 | 1 930<br>+10 820 | 3 861<br>+9 042 | 1 544<br>3 616 |
| 18 | — | 12,00 | 0,67 | 12,67 | 20<br>+133 | 1 700<br>−1 700 | 420<br>−420 | 1 680<br>+11 070 | 3 820<br>+9 083 | 1 528<br>3 632 |
| 19 | 11 | 13,20 | 0,59 | 13,79 | 18<br>+135 | 1 870<br>−1 870 | 462<br>−462 | 1 480<br>+11 270 | 3 830<br>+9 073 | 1 532<br>3 628 |
| 20 | 12 | 14,40 | 0,52 | 14,42 | 16<br>+137 | 2 040<br>−2 040 | 504<br>−504 | 1 300<br>+11 450 | 3 860<br>+9 043 | 1 544<br>3 617 |
| 21 | 13 | 15,60 | 0,46 | 16,06 | 14<br>+139 | 2 210<br>−2 210 | 546<br>−546 | 1 150<br>+11 600 | 3 920<br>+8 983 | 1 568<br>3 592 |
| 22 | 14 | 16,80 | 0,41 | 17,21 | 12<br>+141 | 2 380<br>−2 380 | 588<br>−588 | 1 030<br>+11 720 | 4 010<br>+8 893 | 1 604<br>3 506 |

$$\frac{dE_t}{dD} = -\frac{32{,}5\,\alpha\,D^{-6}Q^3}{102\eta}(e_1 a + t) + a(re_2 + e_3) = 0 \qquad (26)$$

$$D_0 = \sqrt[6]{\frac{32{,}5\,\alpha Q^3 (e_1 a + t)}{102\eta\, a(re_2 + e_3)}},\ \text{m} \qquad (27)$$

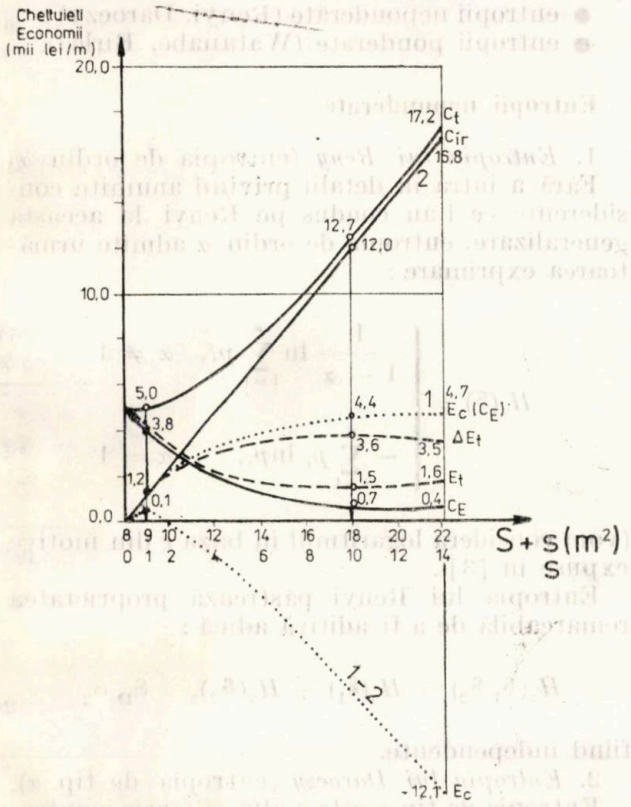



Fig. 16

în care:

$e_1$ și $a$ au aceleași valori ca și în cazul lucrărilor miniere;

$r = 1{,}3$;

$e_2 = 600$ kWh/m diametru;

$e_3 = 20$ kWh/m diametru.

Diametrul optim, calculat pe baza energiei consumate, este doar cu 20% mai mare decît cel calculat pe baza costurilor.

Diagramele din figurile 13, 14 se pot folosi pentru determinarea diametrului optim pe baza energiei consumate, aplicînd rezultatului această creștere.

## Concluzii

Dimensionarea rațională a lucrărilor miniere, din punctul de vedere al aerajului, și alegerea judicioasă a conductelor de aeraj este deosebit de importantă, ținînd seama de ponderea mare a energiei de aeraj în energia necesară extracției subterane și a creșterii sarcinilor de aeraj în condițiile conjuncturii nefavorabile a energiei în viitor.

În lucrare s-au determinat relațiile de calcul și diagrame cu caracter practic pentru stabilirea parametrilor de aeraj principali în cazul lucrărilor miniere și a conductelor de aeraj pentru diferite situații, pe baza cheltuielilor și energiei necesare realizării și exploatării acestora.

Prin comparație, rezultă ca rațională stabilirea parametrilor de aeraj optimi, pe baza costurilor, aplicînd valorii unitare a energiei electrice un preț prognozat pe perioada de funcționare a lucrării miniere.

Se remarcă faptul că, în situații mai puțin frecvente, unele criterii tehnice (încălzirea, răcirea aerului, prevenirea formării ceții în puțuri, viteze-limite, N.T.S. etc.) pot reclama regimuri de viteze diferite de cele optime pe baza costurilor sau a energiei consumate pentru realizarea și funcționarea lucrărilor.

Lucrările miniere prezentate, prevăzute în studiile și proiectele elaborate în cadrul I.C.P.M.N. Baia Mare, în mare parte sînt deja executate, mărind eficiența aerajului general, în condițiile reducerii substanțiale a consumului de energie în cadrul minelor respective.

### Bibliografie


[1] Popa, A. *Exploatări miniere*. Ed. didactică și pedagogică, București, 1968.

[2] Băltăreț u, R. ș.a. *Aeraj și protecția muncii în mină*. Ed. didactică și pedagogică, București, 1970.

[3] Mureșan, E. *Asigurarea necesarului de aer în mină sub raport cantitativ și calitativ*, Baia Mare, 1975.

[4] * * * Studii și proiecte elaborate în cadrul I.C.P.M.M.N. Baia Mare, perioada 1971—1980.

[5] Heise-Herbst-Fritzsche Lehrbuch der Bergbaukunde I—II, Berlin, 1962.

# Asupra unor măsuri entropice utilizabile în industria minieră

Asist. **I. Mitran**
Institutul de Mine Petroşani

Considerăm experimentul $\mathcal{E}$ cu stările $E_i$, $i = \overline{1, n}$ şi probabilităţile de realizare $p(E_i) = p_i$, $p_i \geq 0$, $i = \overline{1, n}$, $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$

Înaintea producerii experimentului $\mathcal{E}$, acesta va conţine o anumită nedeterminare cu privire la rezultatul ce se va obţine; după producerea experimentului, nedeterminarea dispare, iar rezultatul obţinut indică o anumită informaţie privind acest experiment.

Cantitatea de nedeterminare conţinută de experimentul $\mathcal{E}$ se numeşte entropia acestuia.

Pornind de la probleme de comunicaţii, Hartley, în anul 1928, dă o primă măsură a entropiei; prin analogie cu funcţia $H$, introdusă de Boltzman în fizică statistică, Shannon, în 1948, asociază unui cîmp finit de probabilitate o funcţie care măsoară, fie nedeterminarea iniţială cu privire la rezultatul ce va avea loc, fie cantitatea medie de informaţie obţinută după desfăşurarea evenimentului. Entropia lui Shannon (dealtfel o generalizare a măsurii lui Hartley) este soluţia ecuaţiei funcţionale:

$$f(xy) = f(x) + f(y) \tag{1}$$

verificînd în plus condiţiile:

**a)** $f(1) = 0$ (nedeterminarea evenimentului sigur este nulă);

**b)** $f$ este monoton crescătoare.

Soluţia căutată este $f(x) = -c \lg_a x$; cu funcţia $f$ astfel determinată, entropia lui Shannon este:

$$H(\mathcal{E}) = H(p_1, p_2, \ldots, p_n) = \sum_{i=1}^{n} p_i f(p_i) =$$

$$= -c \sum_{i=1}^{n} p_i \lg_a p_i \tag{2}$$

Dacă vom considera ca unitate de măsură a entropiei, entropia asociată cîmpului de probabilitate cu două stări echiprobabile, adică $H\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = 1$, atunci $c=1$, $a=2$ şi deci entropia lui Shannon devine:

$$H(\mathcal{E}) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \lg_2 p_i \tag{4}$$

Ulterior, entropia lui Shannon a fost generalizată (Renyi, Daroczy, Watanabe, Guiaşu etc.), însă aceste generalizări, pornind de la puncte de vedere diferite, conduc la rezultate diferite. Prezentăm pe scurt aceste concepte generalizate grupate astfel:

- entropii neponderate (Renyi, Daroczy);
- entropii ponderate (Watanabe, Bîrlea).

### Entropii neponderate

1. *Entropia lui Reny* (entropia de ordin $\alpha$)

Fără a intra în detalii privind anumite considerente ce l-au condus pe Renyi la această generalizare, entropia de ordin $\alpha$ admite următoarea exprimare:

$$H_\alpha(\mathcal{E}) = \begin{cases} \dfrac{1}{1-\alpha} \ln \sum_{i=1}^{n} p_i^\alpha, & \alpha \neq 1 \\ -\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i, & \alpha = 1 \end{cases}$$

(vom considera logaritmul în baza $e$ din motivele expuse în [3]).

Entropia lui Renyi păstrează proprietatea remarcabilă de a fi aditivă adică:

$$H_\alpha(\mathcal{E}_1 \mathcal{E}_2) = H_\alpha(\mathcal{E}_1) + H_\alpha(\mathcal{E}_2), \quad \mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$$

fiind independente.

2. *Entropia lui Daroczy* (entropia de tip $\alpha$)

Entropia de tip $\alpha$ este o altă extensie a entropiei lui Shannon care, aşa cum se poate verifica imediat, nu are proprietatea de a fi aditivă:

$$H^\alpha(\mathcal{E}) = (1/2^{1-\alpha} - 1)\left(\sum_{i=1}^{n} p_i^\alpha - 1\right), \quad \alpha > 0$$

Entropia lui Shannon este, şi în această situaţie, un caz limită a entropiei lui Daroczy:

$$\lim_{\alpha \to 1} H^\alpha(\mathcal{E}) = H(\mathcal{E})$$

### Entropii ponderate

Înainte de a lămuri cauzele care au condus la conceptul de entropie ponderată, este bine să ne oprim asupra următorului exemplu: două echipe geologice efectuează lucrări de foraj într-o zonă presupusă a conţine un anumit zăcămînt de substanţe minerale utile.

Din zece probe luate de prima echipă, nouă s-au dovedit a fi concludente, iar din zece probe

nate de cea de-a doua echipă doar o singură robă s-a dovedit concludentă. Aceasta înseamnă că primei echipe i se asociază cîmpul init de probabilitate (9/10, 1/10) în ceea ce privește realizarea favorabilă a experimentului e care-l face, iar celei de-a doua echipe i se asociază, corespunzător, cîmpul finit de probabilitate $\left(\frac{1}{10}, \frac{9}{10}\right)$.

Să calculăm nedeterminările $H_1$ și $H_2$ pe care au cele două echipe cu privire la reușita acțiunii lor.

$$H_1 = -\frac{9}{10}\ln\frac{9}{10} - \frac{1}{10}\ln\frac{1}{10}$$

$$H_2 = -\frac{1}{10}\ln\frac{1}{10} - \frac{9}{10}\ln\frac{9}{10}$$

Observăm că $H_1 = H_2$, cu alte cuvinte cele două echipe au aceeași nedeterminare, lucru e pare a fi în contradicție cu situația reală, date iind rezultatele celor două echipe.

Tipurile de entropii ponderate pe care le ezentăm în continuare sint.

1. *Entropia relativă* (Watanabe)

Este o extensie a entropiei lui Gibbs din modinamică și admite următoarea exprimare :

$$H_w^p(\mathcal{S}) = \sum_{i=1}^{n} p_i \ln \frac{A\omega_i}{p_i},$$

ade :

$$w_i \geqslant 0,\ i = \overline{1, n},\ \sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

$$A = A(w_1, w_2, \ldots, w_n) > 0$$

$w_i$ are rol de funcție utilitate a stării $i = \overline{1, n}$.

Pentru $A(w_1, w_2, \ldots, w_n) \equiv 1$ se obține o mă particulară a entropiei relative $H_w^p$, pe e o vom nota cu $H_p$, și la care a ajuns Tövissi, rnind de la un punct de vedere original [7] :

$$H_p(\mathcal{S}) = \sum_{i=1}^{n} p_i \ln \frac{w_i}{p_i}$$

Să observăm că dacă $w_i = 1$, atunci $H_p(\mathcal{S}) = \ln p_i$ și dacă $p_i = 1$, atunci $H_p(\mathcal{S}) = \ln w_i$. lte cuvinte, dacă nu există nedeterminare, opia relativă depinde de eficiența stărilor, nd entropia lui Shannon este nulă.

iind $\ln w_i = h_i$, entropia relativă în cazul 1 devine :

$$H_p(\mathcal{S}) = H(\mathcal{S}) + \sum_{i=1}^{n} p_i h_i$$

Altfel spus, entropia relativă este suma dintre entropia lui Shannon și valoarea medie a ponderilor.

Să remarcăm, de asemenea, un procedeu de ponderare a utilităților $u_i$ asociate stărilor $E_i, i = \overline{1, n}$; notînd $u_{max} = max\{|u_1|, |u_2|, \ldots, |u_n|\}$ și presupunînd $u_1 \geqslant u_2 \geqslant \ldots \geqslant u_n$, vom lua ca ponderi $h_i = \frac{u_1 - u_i}{u_{max}}$, $i = \overline{1, n}$.

Cu cele spuse pînă aici să reluăm exemplul celor două echipe geologice care au obținut rezultate diferite în lucrările de forare executate. Pentru a nu complica inutil calculele, să presupunem că rezultatele favorabile primei echipe au utilități de opt unități, iar rezultatului neconcludent i se asociază utilitatea de patru unități (considerăm rezultatul concludent dacă utilitatea asociată este cel puțin de cinci unități). Analog rezultatului favorabil primei echipe i se asociază utilitatea de opt unități, iar rezultatelor neconcludente li se asociază utilitatea de patru unități.

Pentru prima echipă vom avea utilitățile $u_i^1 = 8,\ i = \overline{1,9},\ u_{10}^1 = 4$; deci :

$$h_i = \frac{8-8}{8} = 0,\ i = \overline{1,9},\quad h_{10} = \frac{8-4}{8} = \frac{1}{2}$$

$$H_1^p = H_1 + \sum_{i=1}^{10} p_i h_i = -\frac{9}{10}\ln\frac{9}{10} - \frac{1}{10}\ln\frac{1}{10} + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{10}$$

Pentru cea de-a doua echipă vom avea utilitățile $u_i^2 = 4,\ i = \overline{1,9};\ u_{10}^2 = 8$; deci :

$$h_i = \frac{8-4}{8} = \frac{1}{2},\ i = \overline{1,9},\quad h_{10} = \frac{8-8}{8} = 0$$

$$H_2^p = H_2 + \sum_{i=1}^{10} p_i h_i = -\frac{1}{10}\ln\frac{1}{10} - \frac{9}{10}\ln\frac{9}{10} + \frac{1}{2}\cdot\frac{9}{10}$$

Se observă imediat că $H_p^2 < H_p^1$, cu alte cuvinte nedeterminarea primei echipe este mult mai mică față de cea a celei de-a doua echipe.

2. *Entropia agregată*

Este un concept de entropie ponderată folosit de S. Bîrlea în studiul sistemelor industriale[1].

Fiind dat sistemul $S$, alcătuit dintr-un număr finit de subsisteme $S_i, i = \overline{1, n}$ și notînd cu

$\alpha_i$ ponderea subsistemului $S_i$ (legată de funcționalitatea acestuia în cadrul sistemului $S$), entropia ponderată este :

$$H_B(S) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i H(S_i), \sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1, \ \alpha_i \geq 0, \ i = \overline{1,n}$$

E x e m p l u. Să considerăm sistemul „întreprinderea minieră" notat cu $S$, compus din subsistemele $S_i$, $i = \overline{1,3}$.

Procesele de producție ce pot fi întîlnite în cadrul acestor subsisteme sînt :

$S_1$ — subsistemul lucrărilor miniere de abataj ;
$S_{11}$ — abataje cu complexe mecanizate ;
$S_{12}$ — abataje cu stîlpi individuali și combină ;
$S_{13}$ — abataje cameră ;
$S_{14}$ — abataje cu stîlpi individuali și împușcare ;
$S_2$ — subsistemul lucrărilor miniere de deschidere ;
$S_{21}$ — săparea galeriei cu combina și susținere cu bolțari ;
$S_{22}$ — săparea galeriei cu exploziv și susținere cu bolțari ;
$S_3$ — subsistemul lucrări miniere de pregătire ;
$S_{31}$ — săparea galeriei cu combina și susținerea cu TH ;
$S_{32}$ — săparea galeriei cu explozivi și susținerea cu TH.

Notînd :

$t_{ij}$ — timpul efectiv de producție al procesului $S_{ij}$, $i = \overline{1, n}$ ; $j = \overline{1, m}$ ;
$T_{ij}$ — durata ciclului de producție (durata în care trebuia să se realizeze o unitate de produs finit — $m$ galerie — sau un lot 1 000 t substanță minerală utilă) ;
$\beta_i$ — coeficientul de importanță al subsistemului $S_i$, $i = \overline{1, n}$ ;
$\alpha_{ij}$ — coeficientul de importanță al procesului $S_{ij}$, $i = \overline{1, n}$ ; $j = \overline{1, m}$ ;
$n$ — numărul subsistemelor $(= 3)$
$m$ — numărul maxim de procese ale tuturor subsistemelor.

Cu aceste notații, entropia agregată a subsistemului, întreprinderea minieră, devine :

$$H = \sum_{i=1}^{n} \beta_i \sum_{j=1}^{m} \alpha_{ij} H_{ij}$$

unde : $H_{ij} = - p_{ij} \lg_2 p_{ij} -$

$$- (1 - p_{ij}) \lg_2 (1 - p_{ij}), \ i = \overline{1,n}; \ j = \overline{1,m}$$

$$p_{ij} = \frac{t_{ij}}{T_{ij}}, \quad i = \overline{1,n}; \ j = \overline{1,m}$$

Schema logică din figura 1 este atașată ciclului entropiei agregate prezentată mai sus.

În cele ce urmează vom prezenta cîteva aplicații teoretice și practice ale conceptului de entropie. Mai precis, vom pune în evidență diferite tipuri de măsuri entropice ale noțiunilor de grad de organizare, grad de concentrare, predicție.

## Grad de organizare

Se impune, de la început, următoarea precizare : în literatura de specialitate, adesea, noțiunea de g r a d d e c o n c e n t r a r e este vehiculată sub numele de g r a d d e o r g a n i z a r e, ceea ce este incorect, întrucît noțiunile de grad de organizare și grad de concentrare desemnează lucruri diferite și, ca atare, trebuie abordate diferit.

Să presupunem că avem un sistem $S$ format dintr-un număr finit de subsisteme $S_i$, $i = \overline{1, n}$.

Gradul de organizare al sistemului $S$ a fost introdus de Watanabe sub numele de interdependență probabilistică între cîmpurile de probabilitate asociate lui $S$ și cele corespunzătoare la $S_i$, $i = \overline{1, n}$.

$$W(S ; S_1, S_2, \ldots, S_n) = \sum_{i=1}^{n} H(S_i) - H(S),$$

unde prin $H(S)$, $H(S_i)$ înțelegem entropia sistemului $S$, respectiv entropia subsistemului $S_i$, $i = \overline{1, n}$.

O b s e r v a ț i i.

1. Una din proprietățile fundamentale a gradului de organizare al unui sistem este faptul că acesta este mai mare decît oricare din gradele de organizare ale componentelor $S_i$, $i = \overline{1, n}$.

2. În literatură [3] s-a adoptat o modificare a lui $W$ în sensul că în loc de $H(S_i)$ s-a utilizat $H_x(S_i)$.

Considerentele teoretice care au stat la baza acestei modificări pot fi găsite în lucrarea citată mai înainte.

## Grad de concentrare

Presupunem că avem un sistem care evoluează în timp, avînd la momente diferite clase diferite de valori.

Gradul de concentrare este o măsură ce caracterizează împrăștierea pe diferite clase de valori ; mai precis, dacă sistemului $S$ i se asociază, la momentul $t_0$, clasele $C_1, C_2, \ldots, C_m$ cu probabilitățile $p_1^0, p_2^0, \ldots, p_m^0$, iar la momentul $t > t_0$ claselor $C_i$, $i = \overline{1, m}$ li se as

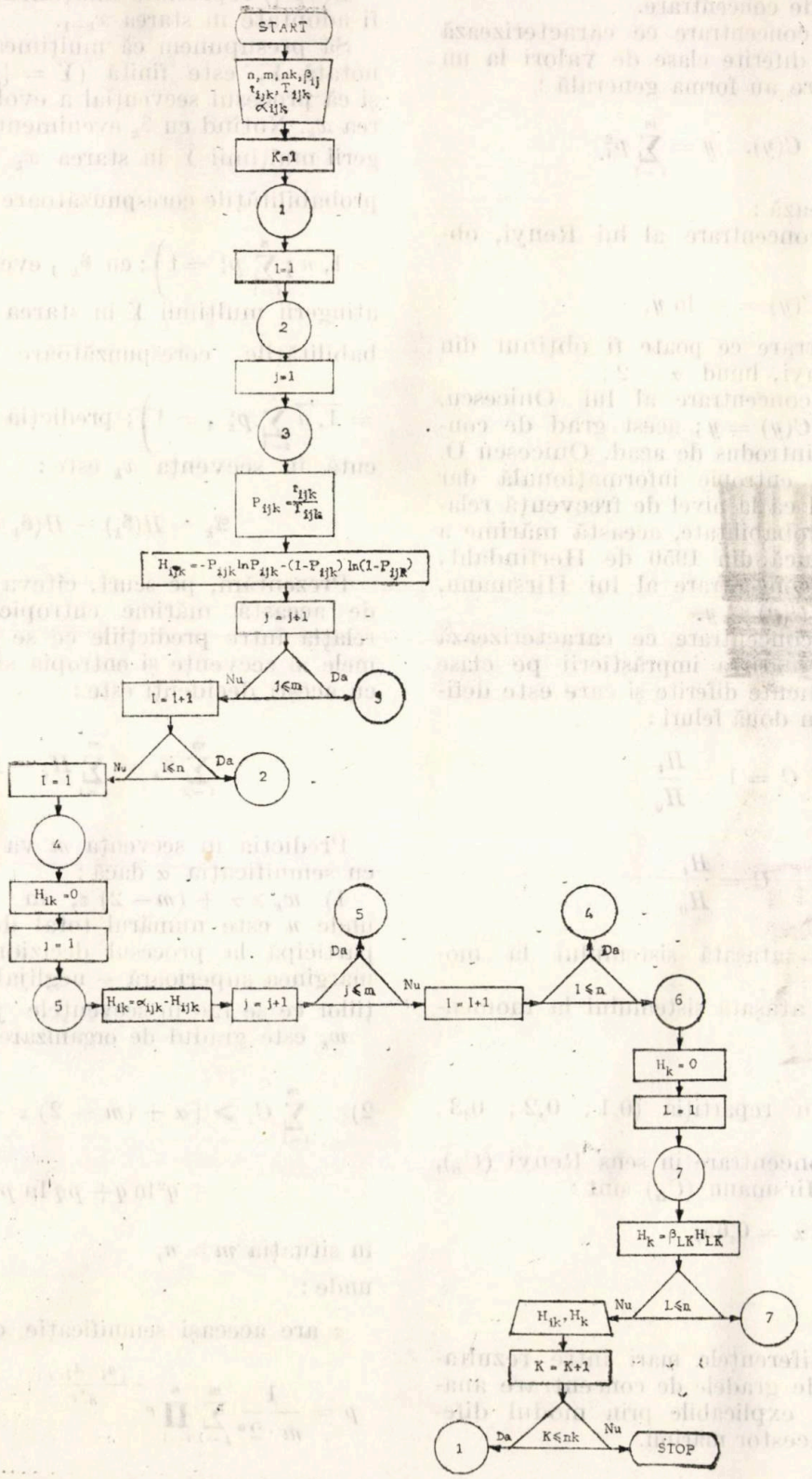

START
n, m, nk, βij
tijk, Tijk
αijk
K=1
1
I=1
2
j=1
3
Pijk = tijk / Tijk
Hijk = -Pijk lnPijk -(1-Pijk) ln(1-Pijk)
j = j+1
Nu
j≤m
Da
9
I = I+1
Nu
I≤n
Da
2
I = 1
4
Hik = 0
j = 1
5
Hik = αijk · Hijk
j = j+1
Da
j≤m
Nu
I = I+1
4
Da
I≤n
6
Hk = 0
L = 1
7
Hk = βLK HLK
Nu
L≤n
7
Hik, Hk
K = K+1
1
Da
K≤nk
Nu
STOP

Fig. 1

ciază probabilităţile $p_1$, $p_2, \ldots, p_m$, în literatura de specialitate se cunosc următoarele tipuri de grade de concentrare.

**a.** Grade de concentrare ce caracterizează împrăştierea pe diferite clase de valori la un moment dat, care au forma generală :

$$C = C(y), \quad y = \sum_{i=1}^{m} p_i^2$$

după cum urmează :

● gradul de concentrare al lui Renyi, obţinut pentru :

$$C(y) = -\ln y,$$

grad de concentrare ce poate fi obţinut din entropia lui Renyi, luînd $\alpha = 2$ ;

● gradul de concentrare al lui Onicescu, obţinut pentru $C(y) = y$ ; acest grad de concentrare a fost introdus de acad. Onicescu O. sub numele de entropie informaţională dar remarcăm faptul că la nivel de frecvenţă relativă şi nu de probabilitate, această mărime a fost introdusă încă din 1950 de Herfindahl ;

● gradul de concentrare al lui Hirsmann, obţinut pentru $C(y) = y$.

**b.** Grad de concentrare ce caracterizează micşorarea sau mărirea împrăştierii pe clase de valori la momente diferite şi care este definit (şi utilizat) în două feluri :

$$C = 1 - \frac{H_t}{H_0}$$

sau :

$$C = \frac{H_t}{H_0}$$

în care :

$H_0$ — entropia ataşată sistemului la momentul $t_0$ ;

$H$ — entropia ataşată sistemului la momentul $t$.

E x e m p l u

Să considerăm repartiţia (0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,18 ; 0,22).

Gradele de concentrare în sens Renyi ($C_R$), Onicescu ($C_O$) Hirsmann ($C_H$) sînt :

$C_R = 0{,}510 \quad (\alpha = 0{,}65)$

$C_O = 0{,}221$

$C_H = 0{,}470$

Se observă diferenţele mari între rezultatele exprimate de gradele de concentrare analizate, diferenţe explicabile prin modul diferit de calcul al acestor mărimi.

P r e d i c ţ i e

Să considerăm, pentru început, un proces decizional secvenţial descris [3] de ecuaţia :

$$x_k = \Gamma(x_{k-1}, d_{k-1}), \quad d_{k-1} \in D(x_{k-1})$$

unde :

$D(x_{k-1})$ reprezintă mulţimea deciziilor ce pot fi adoptate în starea $x_{k-1}$.

Să presupunem că mulţimea stărilor finale, notată $\overline{Y}$, este finită ($\overline{Y} = \{y_1, y_2, \ldots, y_n\}$) şi că procesul secvenţial a evoluat pînă în starea $x_k$. Notînd cu $\mathfrak{E}_k$ evenimentul asociat atingerii mulţimii $\overline{Y}$ în starea $x_k$ şi $p_k^i$, $i = \overline{1, n}$ probabilităţile corespunzătoare $\left(p_k^i \geqslant 0, \quad i = \overline{1, n} ; \sum_{i=1}^{n} p_k^i = 1\right)$ ; cu $\mathfrak{E}_{k-1}$ evenimentul asociat atingerii mulţimii $\overline{Y}$ în starea $x_{k-1}$, $p_{k-1}^i$ probabilităţile corespunzătoare $\left(p_{k-1}^i \geqslant 0, \; i = \overline{1, n} \sum_{i=1}^{n} p_{k-1}^i = 1\right)$ ; predicţia ce poate fi făcută în secvenţa $x_k$ este :

$$\mathfrak{Q}_k = H(\mathfrak{E}_k) - H(\mathfrak{E}_k / \mathfrak{E}_{k-1})$$

Prezentăm, pe scurt, cîteva rezultate legate de această mărime entropică a predicţiei ; relaţia între predicţiile ce se pot face în primele $m$ secvenţe şi entropia sistemului format cu acesti decidenţi este :

$$\sum_{i=2}^{m} \mathfrak{Q}_i = \sum_{i=1}^{m} H_i - H$$

Predicţia în secvenţa $m$ va fi semnificativă cu semnificaţia $\alpha$ dacă :

1) $w_k \geqslant \alpha + (m-2)\,\varepsilon$, în situaţia $m \leqslant n$, unde $n$ este numărul total de decidenţi care participă la procesul decizional, iar $\varepsilon$ este marginea superioară — neglijabilă — a predicţiilor ce se fac în secvenţele $j$, $j = \overline{1, m-1}$.

$w_k$ este gradul de organizare în secvenţa $k$.

$$2) \quad \sum_{i=1}^{m} C_i \geqslant [\alpha + (m-2)\,\varepsilon - 2(p^2 \ln p + q^2 \ln q + pq \ln pq)],$$

în situaţia $m \gg n$,

unde :

$\varepsilon$ are aceeaşi semnificaţie ca şi în cazul 1.

$$p = \frac{1}{m \cdot 2^n} \sum_{j=1}^{m} \prod_{i=1}^{n} e^{-\frac{|a_i - A_{i,j}|}{n^{\alpha_i}}} \qquad 0 < \alpha_i < \frac{1}{n},$$

$A_{i,j}$ fiind deduse din condiţia $P(X_i \geqslant A_{i,j}) > \alpha$ $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ ; $q = 1 - p$

În cazul unui proces de producţie care se desfăşoară în $n$ etape, mărimea predicţiei într-un

moment intermediar $k$ a fost dedusă în funcţie de felul în care a fost sau nu realizat planul de producţie în momentele anterioare.

Am notat cu $Q$ producţia obţinută după $n$ etape şi cu $Q_k$ producţia obţinută în etapa $k$, $k = \overline{1, n}$; de asemenea, mărimea $a$ desemnează producţia planificată a fi obţinută în cele $n$ etape şi cu $a_k$ producţia planificată a fi obţinută în etapa $k$, $k = \overline{1, n}$.

Au fost analizate două situaţii.

**A.** În cazul în care procesul de producţie s-a desfăşurat conform sarcinilor de plan în primele $k$ etape, $k < n$, mărimea predicţiei în momentul $k$ este:

$$\mathfrak{Q}_k = \frac{\tilde{a}_k}{a} \ln \frac{a - \tilde{a}_k}{\tilde{a}_k} + \frac{\tilde{Q}_k}{a} \ln \frac{\tilde{Q}_k}{a - \tilde{Q}_k} + \ln \frac{a - \tilde{Q}_k}{a - \tilde{a}_k}$$

unde:

$$\tilde{Q}_k = \sum_{i=1}^{k} Q_k; \quad \tilde{a}_k = \sum_{i=1}^{k} a_k$$

**B.** Dacă procesul nu se desfăşoară conform sarcinilor de plan stabilite, mărimea predicţiei în momentul $k$ este:

$$\mathfrak{Q}_k = -\frac{\tilde{Q}_k}{a} \ln \frac{\tilde{Q}_k}{a} - \frac{a - \tilde{Q}_k}{a} \ln \frac{a - \tilde{Q}_k}{a} +$$

$$+ p_k^* \ln p_k^* + (1 - p_k^*) \ln (1 - p_k^*)$$

unde

$\tilde{Q}_k$, $\tilde{a}_k$ au aceeaşi semnificaţie ca şi în cazul **A**.

$$p_k^* = \begin{cases} \dfrac{a_k}{(V_2 - V_1)W}, & \text{dacă } \dfrac{\tilde{a}_k}{(V_2 - V_1)W} < 1 \\ \dfrac{(V_2 - V_1)W}{a_k}, & \text{dacă } \dfrac{\tilde{a}_k}{(V_2 - V_1)W} \geqslant 1 \end{cases}$$

$V_1$, $V_2$ sînt marginile intervalului în care se estimează a se găsi producţia în etapa a $n-a$.

$W$ este gradul de organizare al sistemului.

Schema logică pentru calculul predicţiei în momentul intermediar $k$, $k < n$, este dată în schema logică din figura 2.

Aplicaţia 1.

Planul de producţie lunar al unei întreprinderi miniere este de 15 000 t cărbune, repartizat a fi realizat astfel:

— în prima decadă, 450 t cărbune/zi;
— în a doua decadă, 500 t cărbune/zi;
— în a treia decadă, 550 t cărbune/zi.

Din cauza unor condiţii geologice dificile, în primele cinci zile, producţia zilnică obţinută a fost sub cea planificată; în următoarele trei zile, producţia obţinută a corespuns, în întregime, sarcinilor de plan, iar în ultimele două zile, producţia de cărbune extras s-a situat peste nivelul planificat.

În primele cinci zile ale decadei a doua, producţia extrasă a depăşit sensibil nivelul planificat; în următoarele trei zile, producţia a fost sub nivelul planificat, iar în ultimele două zile ale decadei a doua, producţia de cărbune extras s-a încadrat în sarcinile de plan stabilite. Concret, situaţia cantităţilor de cărbune extras în primele două decade este dată în tabelul 1.

După cele două decade se pune problema efectuării unei predicţii cu privire la realizarea sarcinilor de plan la sfîrşitul lunii; predicţia se consideră semnificativă dacă este cel puţin 0,6.

Rezolvare.

Calculul predicţiei este făcut de programul 6.1 din [3], pe baza schemei logice din figura 2. Rezultatele obţinute sînt date în tabelul 2.

Se observă că după 20 de zile predicţia cu privire la realizarea sarcinilor de plan la sfîrşitul lunii este nesemnificativă $\mathfrak{Q}_{20} = 0{,}54 < 0{,}6$.

Acest rezultat se datorează variaţiei producţiei extrase, variaţie ce influenţează negativ desfăşurarea normală a întregii activităţi a întreprinderii miniere. Se impun deci măsuri organizatorice care să redreseze situaţia şi să conducă, în final, la rezultatele planificate.

Aplicaţia 2.

O întreprindere minieră avînd cinci sectoare productive îşi desfăşoară activitatea în condiţii geologice deosebite (emanaţii mari de metan din cauza existenţei în zona exploatată a unui mare număr de falii). Din această cauză se calculează periodic predicţia cu privire la pericolul apariţiei unei concentraţii de metan peste limitele prevăzute de normele de securitate a muncii.

Să presupunem că într-o perioadă de 20 de zile concentraţiile de metan la cele cinci sectoare productive sînt cele date în tabelul 3. Măsurătorile geologice arată că după acest număr de zile în zona exploatată există falii şi deci posibilitatea apariţiei unor concentraţii mari de metan. Se face o predicţie referitoare la pericolul pe care l-ar putea avea emanaţiile de metan asupra bunei desfăşurări a procesului de producţie; predicţia se consideră semnificativă dacă este strict mai mare decît 0,02.

Rezolvare.

Cu ajutorul programelor 2.1 şi 6.4 din [3] se calculează entropiile (Shannon) $H_{ij}$, $i = \overline{1, 20}$, $j = \overline{1,5}$, gradele de concentrare relativă $C_i = H_i/H_{i-1}$, probabilitatea multidimensională

$$P = P(X_1 \geqslant a_1, X_2 \geqslant a_2, \ldots, X_{20} \geqslant a_{20}),$$

$$a_i = 0{,}02, \; i = \overline{1,20}$$

*Tabelul*

| Ziua | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cantitatea de cărbune extras, $Q$, t | 410 | 420 | 420 | 410 | 440 | 450 | 450 | 450 | 470 | 480 | 525 | 525 | 525 | 520 | 510 | 480 | 490 | 480 | 500 | 500 |

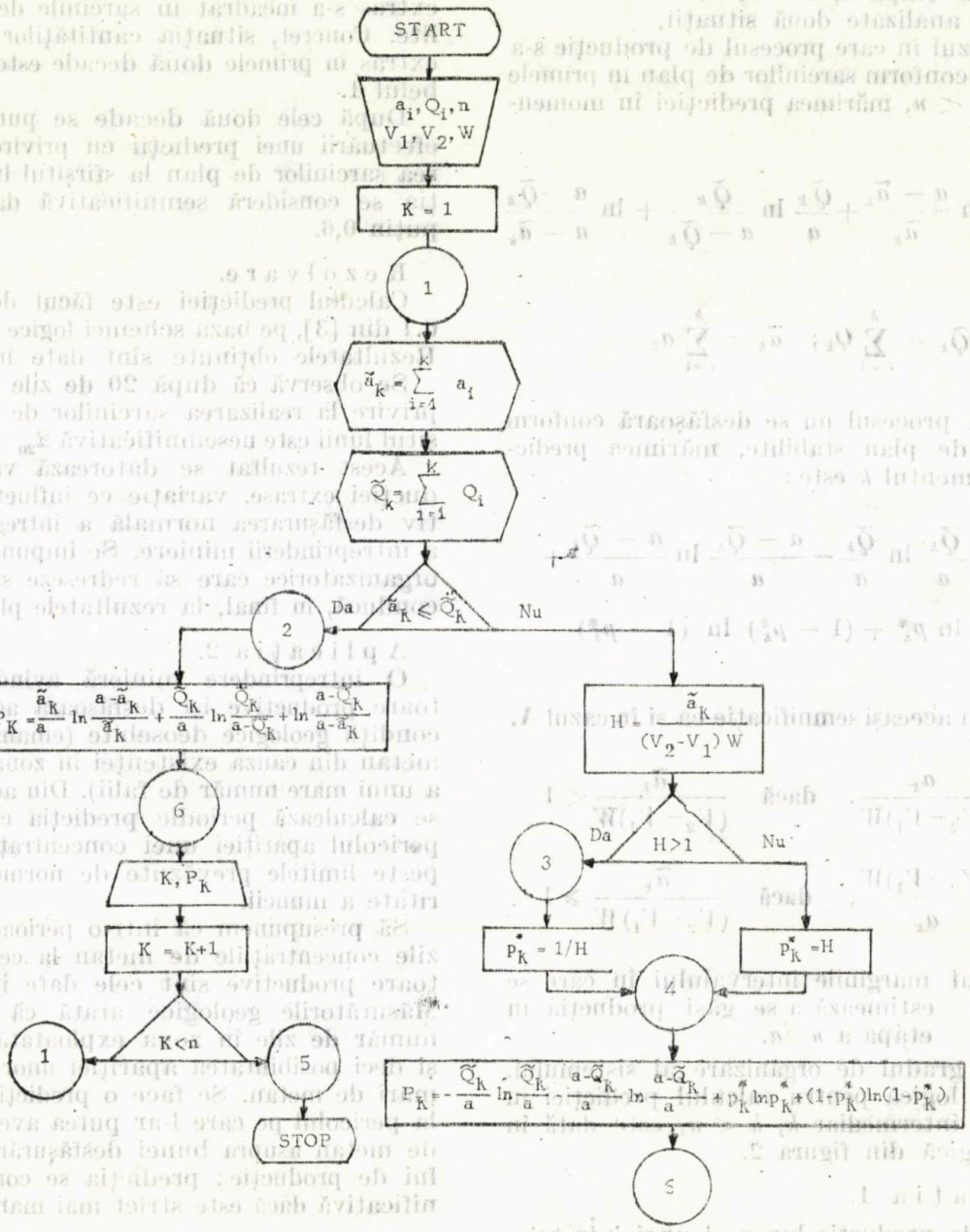



Fig. 2

*Tabelul 2*

| Ziua | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Concentrația $CH_4$, % vol | 0,086 | 0,031 | 0,086 | 0,095 | 0,022 | 0,021 | 0,116 | 0,200 | 0,159 | 0,208 | 0,198 | 0,156 | 0,075 | 0,084 | 0,020 | 0,087 | 0,183 | 0,183 | 0,078 | 0,054 |

Tabelul 3

| Ziua | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Predicția | 0,664 | 0,801 | 0,719 | 0,655 | 0,617 | 0,591 | 0,574 | 0,562 | 0,558 | 0,556 | 0,558 | 0,558 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,551 | 0,547 | 0,540 |

precum și expresia:

$$E = -2(p^2 \ln p + q^2 \ln q + pq \ln pq)$$

Se obține:

$$E = (-0{,}6)\cdot(-2) = 1{,}2\,;\ \sum_{i=1}^{20} C_i = 0{,}97$$

Se pune condiția:

$$\sum_{i=1}^{20} C_i \geqslant [\alpha + (k-2)\ \varepsilon - 2(p^2 \ln p + q^2 \ln q + pq \ln pq)$$

cu $\alpha = 0{,}02$; $\varepsilon = 0{,}01$; $k = 20$ și se observă că nu este verificată; predicția este nesemnificativă, deci nu există pericolul apariției unor concentrații de metan peste limitele admise de normele de securitate a muncii.

**Bibliografie**


[1] Bîrlea, S. *Inițiere în cibernetica sistemelor industriale*. Ed. tehnică, București, 1975.

[2] Daroczy, Z. *Generalized Information Functions. Information and Control*, 16, 36—15, 1970.

[3] Gheorghiu, O., Mitran, I. *Procese decizionale dinamice cu aplicații în planificare și prognoză*. Ed. tehnică, București (în curs de apariție).

[4] Maliță, M., Guiașu, S. *Triade*. Ed. științifică, București, 1973.

[5] Onicescu, O. *Energie Informationelle*. C. R. Acad. Sci. Paris, A. 263, 22, 1966.

[6] Theiler, G., Tövissi, L. *Entropia și alte măsuri de același gen în evaluarea informației economice*. Revista de statistică, nr. 2, 1977.

[7] Theiler, G., Tövissi, L. *Măsuri informaționale care țin seama de nivelul de eficiență al fiecărei stări*. Revista de statistică, nr. 3, 1977.

[8] Văduva, I. *Unele considerații statistice privind analiza fiabilității în cazul multidimensional*. Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică, nr. 1, 1979.


# Cercetări complexe de laborator pentru cunoașterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice

## II. Migrația și acumularea hidrocarburilor


Geol. **N. Balteș**, geol. **Elena Negrea** și chim. **D. Bălăianu**
I.C.P.P.G. Cîmpina


### Introducere

Exceptînd migrația primară — etapă cvasistatică indispensabilă, care ia naștere automat în faza de conversie a substanței organice în hidrocarburi, în condițiile unor roci-sursă cu porozitate și permeabilitate scăzută, migrația secundară este factorul care deplasează componenții hidrocarburici prin sau în roci cu porozitate și permeabilitate ridicată, în condițiile unei dinamici active, în care apa inițială joacă un important rol. Determinată inițial de stricarea echilibrului tectonic, migrația secundară, care caracterizează majoritatea acumulărilor din regiunea studiată, devine condiționată implicit de raportul dintre energia de expulzare și condițiile oferite de stratul colector, în special presiunea capilară și aceasta, determinată de numeroși factori.

Ținînd seama de concluziile privitoare la caracterul primar sau secundar al unor acumulări de țiței din flancul nordic al depresiunii, s-a arătat într-un articol anterior că principalele surse sînt depozitele oligocene medii-superioare care contribuie decisiv la formarea acumulărilor din oligocen și miocenul inferior (în special helvețian) și cele badenien-volhiniene pentru acumulările din sarmațian și pliocen. Mai rar s-au întîlnit situații în care țițeiul oligocen să migreze în colectoarele sarmațiene sau meoțiene, cazuri frecvente în zona mio-pliocenă din Muntenia.

Mai rar, și local, pot genera țiței pelitele burdigaliene, iar cele din meoțianul inferior-mediu — țiței și, în special, gaze.

În acest mod se poate aprecia că migrația secundară a hidrocarburilor se realizează por-

nînd de la două paliere generatoare lito-stratigrafice de bază, oligocen și badenian-volhinian.

**Relații generator-colector**

Localizate stratigrafic și caracterizate ca potențial petroligen, rocile-sursă din flancul nordic al depresiunii ajută la cunoașterea modului de formare a unor acumulări de hidrocarburi. Acest amplu și complicat proces geologic nu poate fi reconstituit decît plecîndu-se de la stabilirea relațiilor actuale. Astfel, o scurtă trecere în revistă a acestor relații, bazată pe date de ultimă actualitate, în principalele zăcăminte explorate, se impune.

Anticlinalul productiv Tg. Jiu se caracterizează prin acumulări în helveţian, datorate hidrocarburilor oligocene, și în sarmaţian (inferior-mediu), datorate badenian-volhinianului, și, foarte posibil, și oligocenului, cînd acesta este pus în contact direct cu gresiile sarmaţiene, structura respectivă avînd caracterul de bloc, delimitat de falii puternice.

Anticlinalul Colibaşi-Gorj, cu colectoarele sale conglomeratice burdigaliene superioare și nisipoase, helveţiene, sarmaţiene și, subordonat, meoţiene, reprezintă o structură productivă suprapusă în care generatorul principal îl constituie oligocenul, fără a se exclude coparticiparea burdigalianului inferior și secundar badenian-volhinianului, care formează acumulările helveţianului și, respectiv, sarmaţian-meoţianului. În această structură, ca un caz local, se menţionează și disponibilităţile generatoare slabe ale unor secvenţe pelitice helveţiene posibil acumulate în complexele $H_1-H_4$. Această situaţie se presupune și mai la vest, unde o sondă (la Negoești) a relevat aceleași caractere ale helveţianului.

Structura Alunu nu a făcut obiectul unei cercetări sistematice dar se apreciază că acumulările de ţiţei din helveţian au aceeași origine oligocenă. Rămîne să se studieze, în continuare, proveniența gazelor din meoţian, deși proveniența lor badenian-sarmaţiană este atestată de situaţia geologică generală a structurii.

Structura anticlinală Folești, cu extensiunile sale spre Măldărești, la nord-vest, și Oteșani, la sud-vest, reprezintă un exemplu tipic de acumulare primară, ţiţeiul din gresiile oligocene avînd, practic, aceeași origine. Datorită, probabil, amplasamentului spre sud al axului anticlinalului, structura devine asimetrică și plasează secvenţele generatoare oligocene la adîncimi sub 2 500 m, creînd condiţii favorabile, atît pentru formarea, în continuare, a hidrocarburilor, cît și, mai ales, pentru migrarea lor ascendentă spre apexul structurii.

Interesantă apare și posibilitatea, deși modestă, de acumulare a gazelor, posibil generate în badenian-volhinian (Oteșani-Folești, Prigria) în sectoarele extrem nordice ale flancului, la adîncimi pînă la 1 500—2 000 m.

Sectorul Ciofrîngeni, caracterizat printr-un amplu anticlinal cu modificări structurale locale, multiple, oferă, cel puţin din punctul de vedere al rocilor-sursă, obiective de interes. Astfel, atît oligocenul, sub 2 400 m, generator de ţiţei, cît și badenian-sarmaţianul, generator de gaze, dau structurii un important fond petrogenetic care se cere localizat prin sonde.

Sectorul dintre rîul Argeș — rîul Doamnei continuă ansamblul structural precedent, fiind caracterizat, de asemenea, de o salbă de anticlinale faliate nord-sud, jalonate de sondele de la Tutana, la vest, Băiculești, Vîlcele și Dărmănești, la est. Structura reprezintă o duplicatură la nord a structurii Vîlcele, cu complicaţii stratigrafice la est (Dărmănești).

Din cercetările efectuate în cadrul acestui studiu rezultă că în această arie s-a exercitat cea mai puternică generare de hidrocarburi a oligocenului. Calitatea kerogenului, stadiul diagenetic al materialului microvegetal, cît și (element nu lipsit de interes) grosimea stratigrafică apreciabilă a depozitelor, constituie premize teoretice ferme pentru tentativa de descoperire de noi zăcăminte, atît la nivelul oligocenului, ca în structura Vîlcele, cît și al helveţianului sau chiar sarmato-pliocenului, în extremităţile anticlinalului, unde, la Tutana, badenianul este definit ca bun generator de ţiţei și gaze, iar la Mălureni, spre nord, oligocenul, de asemenea, a putut genera ţiţei.

Structura anticlinală Vîlcele este binecunoscută pentru hidrocarburile sale oligocene (complexele *A*, *B*) și helveţiene ($H_1$, $H_2$, $H_3$). Intens cercetată palinologic pe întreaga sa coloană stratigrafică de la eocen la pliocen (superior), s-a reușit localizarea ca rocă-sursă, de prim interes, a oligocenului mediu-superior, responsabil pentru toate acumulările importante. Caracterele structurale în care relieful prehelveţian a jucat un important rol au determinat condiţiile de formare a rezervoarelor, parametrii fizico-chimici ai celor două tipuri de ţiţeiuri confirmînd caracterul migrat al celui helveţian, dedus din analizele palinologice ale apelor de zăcămînt: tip aromatic-mediu, greutate specifică mai mică (0,805—0,840 kgf/dm$^3$) datorită energiei migraţiei, apă interstiţială aproape dublă (30—40 %) faţă de ţiţeiul rămas în oligocen, de tip parafinic-greu, greutate specifică mai mare (0,875 kgf/dm$^3$), apă interstiţială mai puţină (18—26,4 %).

Ultimul sector de interes din flancul nordic este Davidești — Boteşti. Brahianticlinal, la nivelul oligocenului, conţine hidrocarburi, ca și meoţianul, în special cu gaze. Potenţialul petroligen bun al oligocenului influenţează direct acumulările din aceeași formaţiune ca și cel badenian-sarmaţian responsabil, probabil, pentru gazele meoţiene (nu s-au analizat ape de

zăcămînt din meoţian). În această structură nu este exclusă acumularea unor hidrocarburi oligocene în nisipurile şi gresiile moi ale helveţianului, cu atît mai mult cu cît există posibilitatea unor capcane de tip structural în miocen şi, local stratigrafice, în pliocen.

Interesantă apare zona Dragodăneşti unde oligocenul mediu, la adîncimi pînă în jur de 2 000 m, este determinat ca bun generator, iar miocenul cu caractere lito-stratigrafice corespunzătoare, poate constitui un bun rezervor.

**Migraţia hidrocarburilor**

Analizînd situaţia structural-tectonică a principalelor acumulări din flancul nordic, majoritatea în colectoare helveţiene, ca şi prin comparaţie cu zăcăminte din alte regiuni, rezultă că migraţia a avut, în general, un caracter rapid, uneori chiar violent şi pe distanţe relativ reduse, numai astfel de împrejurări putînd permite conservarea în apele de zăcămînt respective a unui bogat şi relativ bine păstrat material microvegetal alohton. De remarcat, în cazurile de mai sus, rolul deosebit al faliilor transversale care au favorizat sau determinat contactul direct între fluidul generat în oligocen şi colectorul helveţian, al paleoreliefului negativ adînc, oligocen, umplut cu depozite miocene sau adesea, a celor doi factori acţionînd simultan (zăcămîntul Vîlcele).

Interpretarea globală a migraţiei hidrocarburilor oligocene în contextul geologic general al întregului flanc nordic şi local, al fiecărei structuri petrolifere în parte, evidenţiază un flux puternic de fluid spre sectoarele situate la sudul ariei de răspîndire a generatorului oligocen. Prezente sub forma unei aureole de ţiţei cu lăţimi variabile, în jurul sectoarelor cu generare optimă, hidrocarburile generate în oligocen manifestă cîteva direcţii majore de migraţie laterală, evidente spre sud, cum sînt cele care probabil au contribuit la formarea zăcămintelor de la Bilteni, Ticleni, Băbeni şi Galicea, Drăganu şi Slătioarele (parţial), Bogaţi. Această distribuţie preferenţială spre sectoarele mediene şi sudice ale depresiunii a putut fi determinată, în afara condiţiilor structurale şi tectonice regionale favorabile, şi de poziţia colectoarelor, la adîncimi mai mici decît a rocii-sursă, practic în întreaga zonă cercetată, situaţie care a uşurat deplasarea fluidului.

În cazul zăcămintelor situate lateral, la sudul ariei de generare optimă a oligocenului, se constată, la cele mai multe dintre ele, compartimentarea structurilor prin mai multe falii transversale, în general orientate nord-sud, de mai puţine falii, uneori o singură falie longitudinală puternică, orientată vest-est şi care secţionează anticlinalul în apropierea apexului. Acest stil de faliere, determinat de factori tectonici regionali sincroni, cu intensităţi similare şi suportate de depozite identice, a contribuit, în mare măsură, la formarea mai multor acumulări helveţiene în zona median-sudică a depresiunii (Strîmba—Rogojelu, Bilteni, Ticleni, Bustuchini, parţial Romăneşti, Băbeni etc.), a facilitat penetraţia hidrocarburilor din sectorul nordic prin fascicule de falii radiare, stopînd migraţia şi determinînd staţionarea în capcanele anticlinale prin faliile longitudinale cu funcţie de ecran.

Deşi compartimentarea structurilor prin faliere multiplă are dezavantajul că dispersează considerabil acumularea iniţială, micşorînd mult cantitatea de fluid înmagazinată, în special pentru gaze, prezintă şi avantajul că determină blocuri productive etanşe, care rezistă, prin stabilitatea lor mare, la mişcări tectonice ulterioare, existînd posibilitatea de conservare mai îndelungată a hidrocarburilor captate.

Migraţia micilor cantităţi de gaze, posibil generate de pelitele burdigaliene inferioare, nu poate fi încă elucidată pe deplin din lipsă de date concludente, dar se poate aprecia că nu a avut o intensitate mare, cele mai mari şanse de acumulare oferindu-le depozitele psamitice şi psefitice ale burdigalianului superior şi, în special, ale helveţianului. Se consideră, de asemenea, că aportul generator modest al secvenţelor burdigaliene nu a putut forma acumulări exclusive, el ataşîndu-se, de regulă, hidrocarburilor oligocene în drumul lor spre rezervoarele superioare mai noi.

Acumulările sarmato-meoţiene de hidrocarburi, datorate badenian-volhinianului din flancul nordic, prin modestele cantităţi de ţiţei sub care se cunosc în prezent, nu oferă posibilitatea unor concluzii ferme asupra mecanismelor de migraţie, ci simple presupuneri prin analogie cu aliniamentele sudice, epiplatformice, ale avanfosei. Acţionînd în condiţiile unui ansamblu structural-tectonic, în bună parte definitivat regional încă din badenian, migraţia hidrocarburilor badenian-volhiniene a fost mult încetinită de lipsa căilor majore de acces spre rezervoare, în general cu bune calităţi de capcane. Penuria de capcane structurale a determinat astfel, fie stagnarea hidrocarburilor în complexul generator (evident după migraţia primară), fie o migraţie slabă în imediata apropiere a rocii-sursă şi o acumulare în capcane de regulă nestructurale datorate variaţiilor laterale de facies, discordanţelor stratigrafice frecvente în regiune, suprafeţelor de eroziune etc. În această conjunctură geologică migraţia ţiţeiului, mai ales cel predominant parafinic cu kerogen de tip B, ca acel badenian-volhinian, este mult îngreuiată, ea rezumîndu-se la o restrînsă aureolă de contact în jurul generatorului. Această situaţie, deşi inconvenabilă prin cantitatea mică a hidrocarburilor acumulate, avantajează, într-o anu-

mită măsură delimitarea geologică, în spațiu, a acestora și deci explorarea lor. Gazele, prin natura lor cu o arie de migrație mai mare, au fost singurele hidrocarburi care au depășit, într-o oarecare măsură, condițiile dificile impuse de absența unor capcane structurale importante. Aceasta poate fi și explicația modestelor rezervoare de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice. În astfel de situații, mecanismele de formare a acestor rezervoare sînt ușor de înțeles, condiția de bază, în caracterizarea lor de detaliu, rămînînd o foarte bună cunoaștere stratigrafică și sedimentologică a ariei investigate.

Se menționează cu această ocazie, pentru comparație, că în flancul sudic al Depresiunii getice, migrația hidrocarburilor generate în badenian-volhinian îmbracă caractere specifice. În anumite sectoare, în care roca-sursă generează masiv, hidrocarburile au o migrație puternică, acumulîndu-se în capcane structurile de tip anticlinal, cu diverse sisteme de faliere și nestructurale, stratigrafice, litologice, paleogeomorfice.

Sintetzînd observațiile de mai sus, se poate considera că formarea zăcămintelor din flancul nordic se încadrează în conceptele clasice cunoscute în situația unor capcane de valori variabile, prioritar structurale și combinate, aportul celor nestructurale fiind cu totul subordonat dar necesar a fi studiat în continuare pentru crearea de modele aplicabile în alte regiuni.

Importantă rămîne pentru Depresiunea getică, în totalitatea ei, identificarea, caracterizarea și localizarea stratigrafică și în spațiu a rocilor-sursă, punctul inițial de la care devine posibilă cunoașterea proceselor de migrație secundară.

**Formarea zăcămintelor**

Interpretarea raportului dintre zăcămintele actuale de hidrocarburi și rocile-sursă, în contextul evoluției și situației actuale structural-tectonice și a unor parametri fizico-chimici de zăcămînt, permit unele aprecieri asupra condițiilor de migrație a hidrocarburilor din flancul nordic și, implicit, asupra modului de formare a unor zăcăminte.

Indiferent de capacitatea absorbantă, calitatea, volumul și repartiția capcanelor, migrația hidrocarburilor, a țițeiului și gazelor în mod diferențiat, depinde, în primă instanță, de proprietățile rocii-sursă reflectate, în principal, prin: cantitatea inițială și natura materiei organice de bază, gradul ei de transformare diagenetică, capacitatea de conversie în hidrocarburi, la care se adaugă, desigur, parametrii sedimentologici, mineralogici, adîncimea de îngropare și ceilalți factori geologici, în general.

Migrația secundară a hidrocarburilor prin care se formează majoritatea zăcămintelor din flancul nordic, în special cele helveține, reflectă, regional, raporturile de poziție între generator și rezervor, ultimul, de cele mai multe ori deasupra sau lateral — sus, față de primul.

Capcanele structurale de anticlinal, frecvente în regiune, au constituit principalul factor de apel pentru hidrocarburi, aliniamentele de structuri anticlinale constituind și principalele zone de acumulare, cu atît mai mult cu cît, așa cum s-a arătat mai sus, raportul între rezervor și generator este, în ansamblu, de superpoziție. Prezente, dar subordonate ca frecvență și mai ales ca putere de absorbție, capcanele nestructurale, îndeosebi cele stratigrafice, litologice sau combinate, au contribuit la dezvoltarea proceselor de migrație secundară, mai puțin în faza de înmagazinare, și mai mult în cea imediat premergătoare, de transport. În aceste cazuri ele devin capcane de refulare (Balteș, 1980) și au o durată determinată, de obicei, de reașezarea tectonică a structurilor. Un model pentru o migrație multiplă și acumulare secundară, poate fi dat de structura Folești unde, într-o primă etapă, puternica expulzare de țiței și gaze din oligocen și subordonat din burdigalianul inferior este captată, în mare măsură, de complexul psamopsefitic burdigalian superior-helvețian inferior, într-un sistem de capcane structurale pozitive etajate („step traps"). Acumularea este protejată de complexul median al helvețianului mediu și parțial superior. Următoarea fază de cutări duce la exondarea și, ulterior, erodarea cvasitotală a helvețianului mediu-superior, urmată de colmatarea transgresivă a bazinului de apele helvețianului terminal-badenianului care aduce, pe lîngă echilibrul hidrostatic al sedimentului miocen (deci refacerea energetică a procesului de generare) și condiții bune, litologo-stratigrafice, pentru o nouă etapă de acumulare a hidrocarburilor. Restructurarea sistemului sedimentar prin refacerea parțială a unor structuri anticlinale și scufundarea relativ bruscă a întregului bazin badenian inferior determină o nouă dar scurtă etapă de migrație (terțiară de această dată), care duce la formarea unor slabe acumulări de țiței în colectoare locale badenian inferioare. Calitatea țițeiului, greutatea sa specifică ridicată, kerogenul alterat prin aport crescut de oxigen (deși de aceeași proveniență cu cel helvețian) și, îndeosebi, starea de agregare a materialului microvegetal, atestă aceeași unitate hidrologică, încetarea, practic, a migrației și anularea capacității de apel a capcanelor. Aceste etape succesive și combinate, de formare a unor acumulări în același complex structural, se continuă, atît în sectorul de mai sus, cît și în altele, cu intensitate mai redusă în sarmațian și probabil în meoțian (sigur, în

sudul depresiunii), avînd însă ca rocă-sursă badenian-volhinianul.

În ceea ce privește sensul general al migrației în flancul nordic, din cele prezentate anterior reiese că, în ansamblu, el a fost ascendent, cu diferite unghiuri, exceptînd cîteva situații izolate în care nu se exclude și migrația descendentă, de contact („touching bodies"), mai ales în sarmațian.

Direcția generală de migrație se apreciază, pentru cele mai importante zăcăminte, că a fost nord-sud, cu deplasări impuse de poziția zonelor de apel ca și de direcția faliilor transversale (nord-sud) care au facilitat, în diferite etape de evoluție geologică a flancului nordic, accesul hidrocarburilor spre sectorul median-sudic.

Din prelucrarea globală a datelor rezultă că intensitatea migrației secundare este variabilă, în general fiind puternică și cu o arie de validate mai mare în jurul celor două sectoare de generare optimă, aceasta indicînd și un eventual potențial petrolifer mai ridicat al acestor sectoare.

Formarea zăcămintelor în flancul nordic și zonele imediat limitrofe este determinată, în afara condițiilor geologice structurale, în general cunoscute prin activitatea de explorare din regiune, de poziția rocilor generatoare și intensitatea expulzării hidrocarburilor ca și de puterea, traseul și durata migrației, mai simplu de reconstituit în cazul acumulărilor primare și cu mult mai multe necunoscute în cazul celor secundare.

Dacă modul de formare a unor zăcăminte de tip secundar și/sau ternar este, deși nu imposibil, mai greu de reconstituit fără un studiu de detaliu în regiunea considerată care să ia în considerare absolut toți parametrii necesari, punerea în loc a acestora poate fi mai ușor apreciată, conjugîndu-se datele de analiză cu cele de zăcămînt cunoscute. Astfel, luîndu-se în considerare, în mod amănunțit, lacunele stratigrafice din coloana depozitelor paleogen-pliocene din flancul nordic, se poate considera că majoritatea acumulărilor primare din oligocen au avut loc în timpul și probabil la scurt timp după faza de cutare savică. Deși cutarea a avut și episoade violente care au contribuit, în Avanfosa carpatică, la redistribuirea aranjamentului structural paleogen, calitățile în general modeste de rezervor ale oligocenului din flancul nordic al Depresiunii getice, spre deosebire, de exemplu, de flișul paleogen extern al Carpaților Orientali, nu au putut duce la formarea de zăcăminte de importanță deosebită. În schimb, spre deosebire de același fliș paleogen extern citat mai sus, faza orogenică savică a dus la acumularea unei uriașe energii, eliberată de faza de cutări stirice.

Majoritatea acumulărilor secundare din miocenul inferior, în special helvețian, au avut loc ca urmare a fazei orogenice stirice, care a stricat echilibrul stabilit de subsidența burdigaliană, helvețiană și badenian inferioară, declanșînd expulzarea hidrocarburilor oligocene și acumularea lor în colectoarele helvețianului. Procesul a putut fi definitivat, într-o mică măsură, în pliocen, imediat după faza de cutare atică.

Structurile miocene inferioare, fiind deja închise la sfîrșitul sarmațianului și acoperite de o groasă pătură de depozite miocene superioare în anumite sectoare sudice ale depresiunii depășind 2 000 m, au reacționat greu la cutările atice, posibilitatea de reluare a migrației,într-o etapă terțiară, avînd un caracter limitat la cîteva mici arii de sedimentare în care rezervoarele helvețiene au avut o poziție foarte ridicată și au fost astfel mai intens afectate de cutarea atică.

Puținele acumulări importante din rezervoarele sarmațiene au fost puse în loc eventual în timpul cutărilor atice și sigur după acestea, cînd depozitele sarmațiene, respectiv pliocene inferioare, au fost capacitate cu bune calități de capcane petrogazeifere.

### Arii favorabile investigării prin sonde a unor obiective de interes

Interpretarea globală a posibilităților de generare, migrație și formare a acumulărilor de hidrocarburi în flancul nordic al Depresiunii getice, după metodologia utilizată, a făcut posibilă conturarea unor arii favorabile investigării prin sonde a unor obiective de interes care, în mare, ar fi următoarele :

Sectorul Cîlnic-Ceauru unde există condiții relativ bune de acumulare în helvețian sub 2 000 m și mai slabe în sarmațian (inferior-mediu). În sectorul Tg. Jiu, mai ales pe aliniamentul structural de anticlinale care se dezvoltă spre est, la Budieni, oligocenul întrunește și calități bune de rezervor, putînd deveni un obiectiv de interes dată fiind și capacitatea sa generatoare puternică în această eregiune.

Complexul structural Negoiești și sectoarele limitrofe unde se întrunesc bune condiții de acumulare pentru țiței, atît în oligocen, cît și în helvețian cu cap primar de gaze, iar în condițiile unor capcane predominant lito-stratigrafice, cu gaze, în meoțian.

Sectorul Oteșani—Folești unde pe fondul petroligen al oligocenului se suprapune și potențialul burdigalianului inferior, acumulări mai importante putîndu-se forma, atît în oligocen, cît și în helvețian, în capcane structurale anticlinale.

Sectorul Ciofrîngeni cu seria de anticlinale care continuă aliniamentul Ocnele-

Mari — Rm. Vîlcea. Situat într-o zonă de puternic potențial petroligen oligocen și în condițiile unei migrații ascendente în rezervoarele helvețianului, relativ scurtă dar cu un volum de fluid presupus mare, acest sector poate constitui un alt obiectiv de interes.

În condiții aproximativ similare se situează structura Mălureni unde situația tectonică creează posibilități favorabile de migrație a hidrocarburilor în pliocen, atît în meoțian, cît și probabil în ponțian.

Aliniamentul de structuri Băiculeşti-Coşeşti reprezintă unul din cele mai promițătoare obiective, întrunind practic toate condițiile formării unor acumulări importante: rocă-sursă activă și colector primar pentru oligocen, migrație ascendentă, puternică și scurtă pentru helvețian. Dezvoltarea și accesibilitatea prin sonde a depozitelor paleogene, unele cu bună capacitate generatoare și colectoare, creează posibilitatea urmăririi unor obiective în secvențele inferioare ale oligocenului și chiar în eocen.

Structura anticlinală Boțești și eventualele anticlinale la nord de aceasta, unde, de asemenea, potențialul petroligen al oligocenului poate confirma urmărirea unor capcane structurale helvețiene în extinderea exploatării spre flancul nordic al structurii Boțești.

## Concluzii

Deși flancul nordic al Depresiunii getice este, în general, bine cunoscut geologic, atît prin cercetările efectuate în aflorimente, cît și prin sonde, studiul de față completează actualul stadiu de cunoaștere geologică a unității, aducînd date noi cu privire la modul de formare a unor zăcăminte de hidrocarburi.

Luîndu-se în considerare relația directă dintre generator și colector, se argumentează principalele secvențe generatoare, în ordinea importanței lor, oligocenul mediu-superior (pentru întreg flancul nordic), badenian-sarmațianul (parțial), burdigalianul inferior lagunar și meoțianul inferior-mediu (local).

Trecerea în revistă a principalelor zăcăminte din flancul nordic, cercetate prin lucrări complexe de laborator (carote și ape de zăcămînt), permite precizarea caracterelor primare, în oligocen și secundare, în mio-pliocen (majoritatea) ale acestora.

Prin interpretarea raporturilor dintre roca-sursă și acumulările secundare și/sau ternare, se caracterizează principalele procese de migrație, sensul, intensitatea și etapele în care au avut loc.

Sintetizarea tuturor datelor face posibilă o apreciere generală a modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic, a timpului și condițiilor structurale și tectonice în care acestea au fost puse în loc.

Ca o tentativă de aplicare practică a concluziilor lucrării, se fac aprecieri asupra cîtorva sectoare în care se întrunesc condiții favorabile, investigării prin sonde a unor obiective de interes pentru hidrocarburi.

Ținîndu-se cont de caracterul larg, introductiv, al acestui studiu, rezultă că pentru stabilirea unor obiective concrete de explorare sînt necesare lucrări de detaliu, pe zone și segmente stratigrafice reduse, care să ofere date cu un grad mult mai mare de precizie.

Bibliografia figurează în partea I a acestui studiu (Revista Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982)

# Cîteva probleme de anticorozione și antierozione*

Prof. dr. ing. A. Pavel
Institutul de petrol și gaze Ploiești

*Pasivarea.* Creșterea bruscă a rezistenței la coroziune a metalelor și aliajelor, ca rezultat al modificării unor caracteristici ale mediului ambiant (de lucru, corosiv) sau al introducerii în aliajele respective a unor mici cantități de anume componenți, se numește pasivare. Starea metalelor și aliajelor produsă de pasivare se numește pasivitate. Dispariția stării pasive și revenirea metalelor sau a aliajelor la starea lor activă se numește depasivare sau activare [6; 29; 39; 44].

Substanța care schimbă, în mod apreciabil, potențialul unui metal sau aliaj înspre valorile sale catodice și, prin aceasta, produce trecerea spre starea pasivă, se numește pasivator (pasivant), iar substanța care facilitează, sau chiar provoacă, trecerea metalului ori a aliajului de la starea sa pasivă la cea activă, se numește depasivator (depasivant). Depasivatorii au, de obicei, o acțiune de depolarizare.

Despre un metal sau aliaj se spune că este pasiv atunci cînd, în anumite condiții (compoziție a mediului de lucru, temperatură), el se

* Vezi revista Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982

comportă, din punct de vedere electrochimic, aproape ca un metal nobil şi nu este atacat. În cazul cromului, un singur strat de oxizi este suficient pentru a se pune în evidenţă această stare, deosebit de importantă în lupta împotriva coroziunii, socotită pînă nu de mult o adevărată „minune".

Pasivitatea poate să apară ca urmare a unui tratament special prealabil (tratarea cu anumiţi pasivatori, ca acidul azotic, sărurile lui, cromaţii, arsenul etc.) sau ca urmare a acţiunii aerului.

Un metal care se pasivează în aer, dacă este introdus într-un aliaj sub formă de adaos, conferă aliajului respectiv proprietatea metalului dat. Este evident ce mare interes practic prezintă această constatare în lupta împotriva coroziunii. Trebuie observat, însă, că limitele proporţiei în care trebuie adăugat metalul -adaos la metalul sau aliajul mai sensibil sînt bine precizate pentru fiecare caz în parte (metal sau aliaj şi mediu de lucru).

*Dezactivarea şi inhibarea.* Procesul de îndepărtare primară (prealabilă prelucrării), din mediul ambiant sau de lucru, a substanţelor care produc sau favorizează coroziunea se numeşte dezactivare. Îndepărtarea din ape sau soluţii a oxigenului care, în mod normal, contribuie la activarea proceselor de coroziune, se numeşte dezaerare.

Substanţele care, adăugate — în cantităţi mici — altor substanţe, sînt capabile să încetinească sau chiar să împiedice anumite reacţii chimice, se numesc inhibitori. În general, inhibitorii se întrebuinţează pentru împiedicarea reacţiilor dăunătoare, ei mai fiind numiţi şi catalizatori negativi. Dezactivarea cu inhibitori se numeşte inhibare.

Inhibitorii de coroziune sînt substanţe sau amestecuri de substanţe care, adăugate în concentraţii foarte mici în mediul corosiv, duc la micşorarea intensităţii proceselor de coroziune. Cei mai întrebuinţaţi inhibitori de coroziune sînt cromatul de sodiu, aldehida formică şi unele extracte tanante. Folosirea inhibitorilor, încă insuficient studiată şi aplicată, constituie o cale economicoasă de prevenire şi combatere a coroziunii, deoarece aceştia pun un soi de stavilă între materialele metalice şi mediile agresive, prin modificarea condiţiilor chimice şi fizice în care se înregistrează degradările corosive [7—11 ; 14 ; 28 ; 33 ; 34 ; 36 ; 39].

Inhibitorii de depunere de crustă sînt cei care împiedică formarea crustei (depozite aderente la tubulaturile de cazane de abur şi schimbătoare de căldură) de către substanţele care se precipită din apă. Cei mai folosiţi inhibitori de acest tip sînt acidul tanic şi acidul galic.

Substanţele prin a căror prezenţă în mediul corosiv, în cantităţi foarte mici, este grăbită coroziunea, se numesc acceleratori de coroziune.

*Protecţia anticorosivă.* Apărarea metalelor şi a aliajelor împotriva coroziunii se numeşte protecţie anticorosivă, aceasta referindu-se la micşorarea sau oprirea coroziunii prin mărirea rezistenţei la coroziune a materialului metalic sau prin reducerea agresivităţii mediului corosiv.

În afara procedeelor citate anterior (pasivare, dezactivare, dezaerare, inhibare), protecţia anticorosivă se mai poate asigura prin intermediul acoperirilor (straturilor) protectoare, prin anodizare şi prin protecţie electrochimică — catodică sau anodică [12 ; 15 ; 16 ; 22 ; 25 ; 29 ; 39 ; 44 ; 48 ; 49].

Stratul care se formează pe metal sau aliaj la interacţiunea acestuia cu mediul corosiv ambiant şi care împiedică desfăşurarea în continuare a proceselor de coroziune se numeşte strat protector sau peliculă protectoare. Pelicula protectoare care se formează în mod spontan poartă numele de „peliculă protectoare naturală", iar cea care este creată prin menţinerea materialului metalic într-un anumit mediu se numeşte „peliculă protectoare artificială". În acest din urmă caz, potrivit agentului şi metodei folosite, procedeul de realizare a peliculelor protectoare se numeşte oxidare, fosfatare, cromare, eloxare-brunare etc.

Acoperirile protectoare sînt constituite din straturi depuse pe (la) suprafaţa metalelor sau a aliajelor, în scopul de a le izola de mediul exterior şi de a realiza, astfel, o diminuare sau o suprimare a coroziunii.

Aceste acoperiri pot fi :

a — metalice din categoria cărora fac parte acoperirile chimice (nichelarea chimică, fosfatarea etc.), acoperirile electrochimice, acoperirile termice (prin imersare în metale topite), acoperirile prin difuziune (cromarea etc.), acoperirile prin metalizare cu pistolul, acoperirile prin placare şi acoperirile prin vaporizare în vacuum-condensare (aplicare de aluminiu etc.) ;

b — nemetalice, din categoria cărora fac parte acoperirile nemetalice organice (lacuri şi vopsele, bitum, cauciuc, materiale plastice etc.) şi acoperirile nemetalice anorganice (ciment, betoane, roci, emailuri, oxizi, fosfaţi etc.).

Anodizarea este procedeul prin care se realizează o peliculă protectoare de oxid, la suprafaţa materialului metalic, prin tratarea acestuia într-o baie electrolitică, în care materialul considerat are rol de anod. Acest procedeu este folosit pentru protejarea aluminiului (eloxare) sau a oţelului (brunare).

Protecţia electrochimică este o metodă generală de realizare a protecţiei

materialelor metalice împotriva coroziunii prin conectarea lor la o sursă de curent exterioară. În acest fel, suprafeţele metalice atacate de un curent, cu efecte electrochimice, se polarizează printr-un curent exterior de sens contrar.

Protecţia anodică este protecţia electrochimică prin care materialul metalic este polarizat anodic şi devine, astfel, pasiv prin formarea la suprafaţa sa a unei pelicule protectoare. Această protecţie se realizează atîta timp cît este menţinută legătura neîntreruptă cu sursa de curent exterioară. Pentru o astfel de protecţie, foarte importantă este menţinerea continuă a potenţialului la o anumită valoare, deoarece — în caz contrar — se riscă o coroziune mai intensă decît cea corespunzătoare absenţei totale a protecţiei.

Protecţia catodică (fig. 1) este protecţia electrochimică prin care materialul metalic este polarizat catodic cel puţin pînă la valoarea potenţialului său de echilibru, devenind, astfel, mai greu corodabil. Prin protecţie catodică se mai înţelege, de asemenea, şi protecţia fără sursă exterioară de curent la care trecerea materialului metalic spre valori catodice mai mari se realizează prin conectarea unui anod suplimentar de sacrificiu, care se corodează el în locul elementelor (pieselor, utilajelor) considerate [2; 29; 32; 38; 39; 42; 44; 45].

Drept anozi se folosesc plăci sau blocuri metalice îngropate la distanţe convenabile de elementele metalice protejate, intensitatea curentului de polarizare, în raport cu cea a

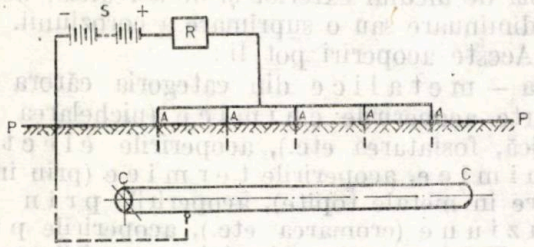



Fig. 1. Schema principială a instalaţiei de protecţie catodică a unei conducte metalice subterane (îngropate) [29]:

*S* — sursa de curent; *A* — anozii (activi, de sacrificiu) în legătură cu solul; *R* — dispozitivul de reglare; *PP* — linia solului; *CC* — conducta îngropată.

curentului sau a sumei curenţilor agresivi, variind după natura mediului prin care aceştia se propagă. În figura 2 este prezentat anodul activ de zinc, standardizat, care — înainte de asamblare — se pregăteşte astfel: se omogenizează amestecul regulator de coroziune; se degroşează anodul; se curăţă anodul cu o perie aspră, nefiind admisă folosirea periilor din sîrmă; se izolează baia de conexiune prin acoperirea sa cu un strat de bitum cu grosimea de 2...4 mm.

Exemplificarea schematică reprezentativă a montajului individual, pentru protecţia catodică exterioară, este făcută în figurile 3

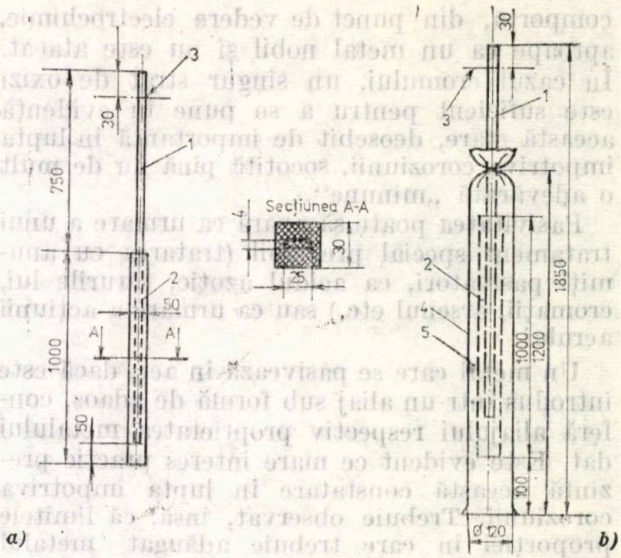



Fig. 2. Anodul activ de zinc [29]:

*a* — în stare neasamblată; *b* — în stare asamblată; *1* — bara de conexiune (bandă de oţel zincată); *2* — masa activă (zinc rafinat Zn RI); *3* — gaura pentru lansare (Ø 10 mm); *4* — sacul din ţesătură de fibre liberiene; *5* — amestecul regulator de coroziune (bentonită 80 % — ghips măcinat 20 %).

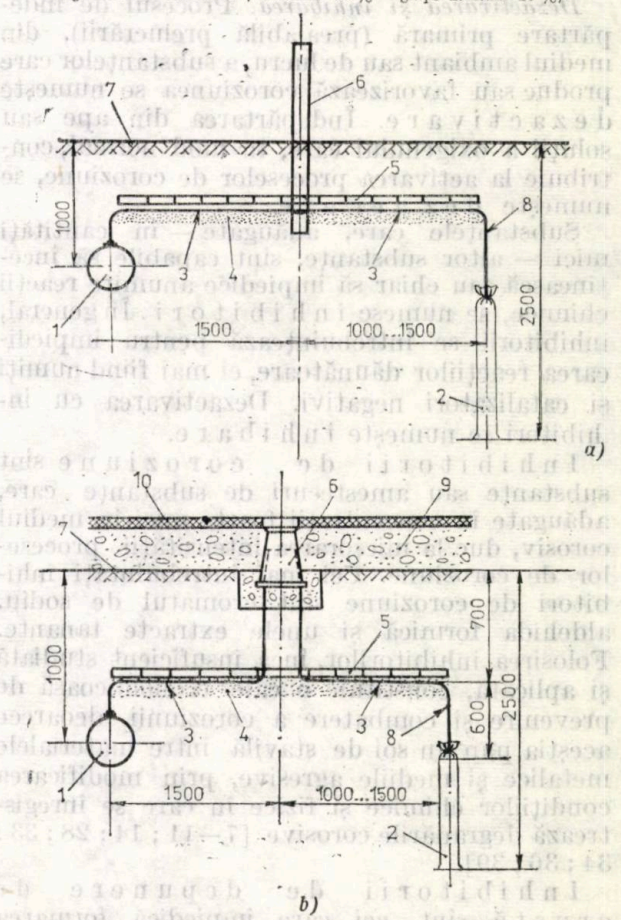



Fig. 3. Schema de montare pentru protecţia catodică exterioară a unei conducte subterane (îngropate) [29]:

*a* — conducta este amplasată extravilan şi în afara incintelor industriale; *b* — conducta este amplasată intravilan sau în incinte industriale; *1* — conducta îngropată; *2* — anodul activ de zinc (în stare asamblată); *3* — conductorul electric de cupru; *4* — patul protector de nisip; *5* — stratul protector de cărămidă; *6* — priza de potenţial; *7* — linia solului; *8* — îmbinarea prin alămire; *9* — stratul de beton; *10* — stratul de asfalt.

Observaţie. Conductorii electrici, benzile de oţel zincat şi îmbinările dintre acestea se izolează prin acoperirea cu un strat de bitum avînd grosimea de 2...4 mm.

și 4. Montarea de grup se efectuează în mod asemănător, cu următoarele precizări: amplasarea anozilor activi de zinc se face pe o linie paralelă conturului construcției metalice îngropate; distanța dintre anozii respectivi,

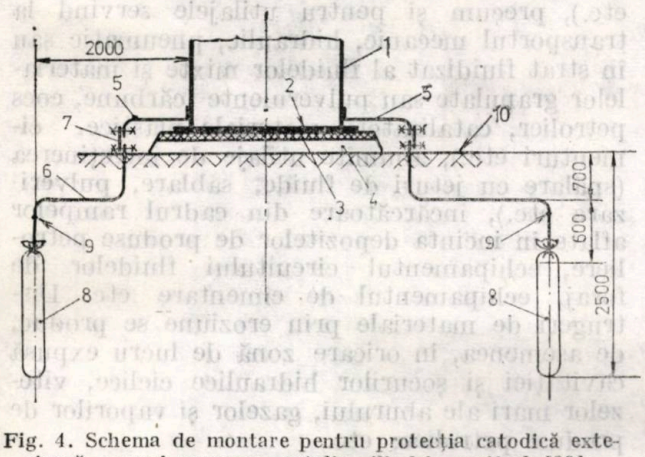



Fig. 4. Schema de montare pentru protecția catodică exterioară a unui rezervor metalic cilindric vertical [29]:
1 — mantaua rezervorului; 2 — fundul rezervorului; 3 — stratul electroizolant din bitum plastifiat; 4 — fundația (patul) rezervorului; 5, 6 — barele de conexiune (benzi din oțel zincate); 7 — legătura dintre barele de conexiune (bandă de oțel, zincată); 8 — anozii activi de zinc (amplasați în opoziție); 9 — îmbinările prin sudare (alămire); 10 — linia solului.
Notă. Observația de la figura 3 își menține valabilitatea și pentru figura de față.

amplasați succesiv, trebuie să fie de cel puțin 2 m; legătura între barele de conexiune se face cu bandă de oțel zincată 25 × 4 mm, prin sudare.

Protecția catodică poate fi folosită, concomitent, atît împotriva autocoroziunii, cît și a coroziunii prin curenți vagabonzi.

*Prevenirea și combaterea coroziunii.* O primă garanție a rezistenței la coroziune a materialelor metalice este asigurarea unei anumite compoziții chimice a acestora, o atenție deosebită trebuind să fie acordată impurităților pe care materialele respective le cuprind în compoziția lor. Astfel, oțelurile Cr/Ni de tip 18/8 rezistă bine la coroziune, pentru că în compoziția lor au fost introduse — în cantități mici — unele elemente chimice, cum ar fi titanul sau molibdenul. Dezincarea alamei cu aluminiu (2% Al) este prevenită, rezistența ei mecanică rămînînd, practic, neschimbată, dacă alamei amintite i se adaugă 0,02...0,06 % arsen.

Pentru prevenirea și combaterea coroziunii, de o importanță deosebită este cunoașterea istoriei vieții materialelor, a trecutului materialelor (mod de elaborare; tratamente termice, mecanice, fizico-chimice sau termochimice; starea suprafeței etc.) pînă în momentul utilizării lor. Pentru exemplificare, se menționează că oțelul obișnuit, lucrat la rece, este mult mai sensibil, la atacul unui acid, decît oțelul recopt. Se precizează, de asemenea, că, dacă suprafața materialului metalic este deteriorată într-un fel, este zgîriată sau are zone ecruisate în urma prelucrării, în locurile în care există aceste defecte își face apariția coroziunea locală destul de aprecibilă.

Prezența sau absența unei pelicule protectoare de oxizi, pe suprafața materialelor metalice, este hotărîtoare, uneori, pentru comportarea lor la coroziune. Astfel, aluminiul nu se corodează atunci cînd este în cuplu cu zincul, tocmai datorită peliculei de oxid protector cu care se acoperă. În același sens se menționează că, o suprafață metalică polizată mecanic, este mai rezistentă la coroziune decît aceeași suprafață polizată anodic, datorită structurii sale, căreia îi corespunde și o peliculă de oxid protector (pasivant).

Mediul de lucru influențează modul de comportare a materialelor metalice în condiții de coroziune, un rol deosebit de important, în acest sens, revenind compoziției și concentrațiilor componenților mediului respectiv. Bunăoară, soluțiile de hidroxid de sodiu pot fi depozitate și prelucrate la temperaturi normale, fără nici o grijă, în utilaje confecționate din oțeluri carbon obișnuite, atîta vreme cît concentrația lor nu a depășit 30 %. Cînd se depășește această concentrație, însă, pericolul coroziunii fisurante devine imediat actual. Acidul sulfuric concentrat (peste 75 %) nu corodează oțelul carbon (deci poate fi păstrat în recipiente din oțel carbon), însă corodează cuprul.

Impuritățile conținute în mediile de lucru pot accelera sau pot diminua procesele de coroziune. De exemplu, argintul rezistă la soluții foarte concentrate de hidroxid de sodiu, însă dacă în soluțiile respective apare puțin azotat, rezistența lui la coroziune scade brusc.

Viteza de coroziune depinde — de exemplu în cazul oțelului —, printre altele, și de cantitatea de oxigen existentă în sistem. Mărirea presiunii acestui oxigen intensifică și ea atacul coroziunii.

Coroziunea metalelor și a aliajelor este influențată direct de presiunea și de temperatura de lucru ale mediilor (corosive, tehnologice, de lucru), în general, cu creșterea lor, crescînd și intensitatea proceselor de coroziune.

O serie de factori, care influențează coroziunea și care intră în categoria celor ce depind de condițiile de exploatare, include: forma constructivă a elementelor și utilajelor, solicitările mecanice sau termice, mijloacele și metodele de protecție, condițiile de întreținere, influența vitezei de circulație a mediilor și a curenților vagabonzi, procedeele de asamblare, inhibitorii, acceleratorii de coroziune etc.

Dacă politica de mentenență, respectiv întreținerea, este făcută rațional, atunci efectele coroziunii sînt mult diminuate. Nereparareа, în timp util, a unor

căptușeli, care încep să se deterioreze, sau a straturilor de vopsea de pe unele structuri metalice, expuse coroziunii, dă posibilitatea mediilor corosive să acționeze, din ce în ce mai intens și mai masiv, pe dedesubtul acestor protecții, compromițind sistemele respective.

Combaterea coroziunii intercristaline se poate face prin:

**a** — reducerea conținutului de carbon sub 0,06 %, acest procedeu, în general, fiind foarte scump;

**b** — alierea cu titan sau cu niobiu, elemente ce formează carburi mai stabile, decît cele de crom, la temperaturi ridicate [29].

*Cavitația și eroziunea.* Cavitația este un fenomen complex de schimbare a stării de agregare a unui lichid în mișcare, care apare în zonele cu presiuni mici (sub presiunea atmosferică) și cu viteze mari, materializîndu-se sub forma apariției unor bule de vapori. Aceste bule se pot aglomera, producînd oscilații de presiune cu frecvența sunetului și cu amplitudinea de ordinul sutelor de bar, care izbesc în pereții incintelor prin care vehiculează lichidul [3; 5; 18; 19; 21; 29—31; 35; 40; 41; 43; 47].

Eroziunea materialelor se definește ca fiind distrugerea în timp a acestora în urma unor acțiuni mecanice (fără să apară reacții chimice) provocate de către mediile de lucru (acțiunea abrazivă a unor lichide sau gaze) sau de către anumiți factori externi, de natură climatică. Eroziunea este, de obicei, accelerată de prezența unor particule solide în fluidele de lucru (lichide și gaze) sau de prezența unor particule lichide în mediile de lucru gazoase, uneori fiind asociată cu coroziunea [1; 4; 13; 17; 20; 23; 24; 26; 27; 29; 37; 46].

În sensul larg al expresiei, distrugerea prin eroziune a materialelor se înțelege ca fiind un proces superficial de deteriorare, sub influența unor acțiuni mecanice ale mediilor de lucru care sînt combinate cu acțiunea anumitor tipuri de coroziune.

În practica exploatării echipamentului petrolier, termomecanic și tehnologic, pot fi întîlnite următoarele tipuri de distrugere prin eroziune:

**a** — eroziunea datorită cavitației lichidelor calde și a acțiunii dinamice discontinue (șocurilor) ciclice a fluidelor (apă, abur, gaze etc.);

**b** — eroziunea datorită acțiunii dinamice continue a jeturilor de fluide calde;

**c** — eroziunea datorită unor efecte de strangulare a jeturilor de fluide calde;

**d** — eroziunea abrazivă, datorită acțiunii de roadere pe care o au jeturile de fluide, în general, în urma frecării de suprafețele cu care vin în contact.

Distrugerile prin eroziune sînt caracteristice pentru anumite elemente ale turbinelor și pompelor centrifuge (palete, rotori, aparate directoare etc.), ale robinetelor, supapelor de siguranță și separatoarelor de condensat (elemente de închidere-ventile, sertare, cepuri, clape etc.; inele de etanșare; camere de întoarcere etc.) ale pieselor fasonate și fitingurilor pentru conducte (coturi, curbe, reducții, teuri, cruci etc.), precum și pentru utilajele servind la transportul mecanic, hidraulic, pneumatic sau în strat fluidizat al fluidelor mixte și materialelor granulate sau pulverulente (cărbune, cocs petrolier, catalizatori, materiale plastice, cimenturi etc.), anumite utilaje de întreținerea (spălare cu jeturi de fluide, sablare, pulverizare etc.), încărcătoare din cadrul rampelor aflate în incinta depozitelor de produse petroliere, echipamentul circuitului fluidelor de foraj, echipamentul de cimentare etc. Distrugeri de materiale prin eroziune se produc, de asemenea, în oricare zonă de lucru expusă cavitației și șocurilor hidraulice ciclice, vitezelor mari ale aburului, gazelor și vaporilor de produse petroliere etc.

Problema generală a alegerii corecte a materialelor, care lucrează în condiții de eroziune, este deosebit de actuală, întrucît de rezolvarea ei, mai mult sau mai puțin corespunzătoare, depind nemijlocit durabilitatea și economicitatea utilajelor.

În vederea aprecierii rezistenței la eroziune a diferitelor oțeluri sau altor materiale tehnice, în condiții identice de lucru, se folosește așa-numitul indicator al rezistenței relative* la eroziune, definit astfel [29]:

$$IRE = \frac{w_{ee}}{w_e}, \qquad (1)$$

în care:

$w_{e.}$ reprezintă viteza de distrugere prin eroziune (în condițiile unor încercări standard) a unei epruvete executate dintr-un material etalon, în g/h;

$w_e$ — viteza de distrugere prin eroziune (de asemenea în condițiile unor încercări standard) a epruvetelor executate din materialul (oțelul) care interesează, în g/h.

În tabelul 1 este dată scara apreciativă a rezistenței la eroziune, pentru oțeluri, în cazul cînd drept material-etalon se folosește un oțel austenitic Cr/Ni/Ti de tip 18/10.

Se precizează că, experimental, s-a constatat că rezistența la eroziune a oțelurilor poate fi numai parțial caracterizată prin intermediul indicatorului *IRE*, deoarece ea depinde, în mod direct, și de nivelul caracteristicilor lor mecanice și, în special, de duritatea lor.

---

* În raport cu un anumit oțel sau cu un alt material, ales drept etalon.

*Tabelul 1*

**Scara apreciativă a rezistenței la eroziune pentru oțeluri [29]**

| Grupa de rezistență la eroziune | Aprecierea rezistenței la eroziune | Indicatorul rezistenței relative* la eroziune *IRE* |
|---|---|---|
| I | Foarte rezistente (*FR*) | >1,00 |
| II | Rezistente (*R*) | (0,50 ; 1,00] |
| III | Relativ rezistente (*RR*) | (0,25 ; 0,50] |
| IV | Slab rezistente (*SR*) | (0,01 ; 0,25] |
| V | Nerezistente (*NR*) | ≤0,01 |

* În raport cu oțelul austenitic Cr/Ni/Ti de tip 18/10.

*Exemplu de calcul.* Presupunînd $w_{ee}=1$ g/h, să se determine viteza de distrugere prin eroziune $w_e$ corespunzătoare unui oțel din grupa de rezistență la eroziune III.

*Rezolvare*

Admițind că indicatorul rezistenței relative la eroziune are valoarea minimă $IRE = 0{,}26$ (tab. 1), rezultă următoarea valoare maximă a vitezei $w_e$ (formula 1):

$$w_{e\,max} = \frac{w_{ee}}{IRE} = \frac{1}{0{,}26} = 3{,}85 \text{ g/h}.$$

Admițind că același indicator are valoarea maximă $IRE = 0{,}50$ (tab. 1), rezultă următoarea valoare minimă a vitezei $w_e$ (formula 1):

$$w_{e\,min} = \frac{w_{ee}}{IRE} = \frac{1}{0{,}50} = 2{,}00 \text{ g/h}.$$

Deci:

$$w_{e\,min} = 2{,}00 \text{ g/h} \leqslant w_e \leqslant w_{e\,max} = 3{,}85 \text{ g/h}$$

**Bibliografie**


[1] Adughina, N. A. ș.a. Him. Neft. Mașinostr., 1974, nr. 9, p. 20–21.

[2] Baeckmann, W. G. Pipe Line Ind., 1976, vol. 44, nr. 1, p. 48–50.

[3] Bălășoiu, V. Constr. Maș., 1974, vol. 26, nr. 2, p. 71–74.

[4] Bikbaev, F. A. ș.a. Him. Neft. Mașinostr., 1973, nr. 1, p. 35–36.

[5] Bogacev, I. N. *Kavitaționnoe razrușenie i kavitaționnostoikie splavi*. Moskva, Metallurghia, 1972.

[6] Ciolac, S., Matei, P. Rev. Chim., 1973, vol. 24, nr. 4, p. 285–289.

[7] Cojocaru, V. Rev. Chim., 1974, vol. 25, nr. 11, p. 908–912.

[8] Congram, G. E. Oil and Gas J., 1974, vol. 72, nr. 52, p. 157–158.

[9] Constantinescu, Ș. Rev. Chim., 1973, vol. 24, nr. 3, p. 201–204.

[10] Dobre, R. Rev. Chim., 1975, vol. 26, nr. 6, p. 495–501.

[11] Drimuș, I. ș.a. *Inhibitori de coroziune*. București, Ed. tehnică, 1968.

[12] Dufils, M. *Protection des materiaux*. Paris, Ed. du Cartel, 1971.

[13] Faddeev, I. P. *Erozia vlajnoparovih turbin*. Leningrad, Mașinostroenie, 1974.

[14] Firoiu, C., Iulian, O. Rev. Chim., 1973, vol. 24, nr. 1, p. 35–38.

[15] Heurtaux, J. Ind. Pétrole Eur., 1974, vol. 42, nr. 448, p. 67–75.

[16] Huber, D. H. Erdoel-Erdgas-Z., 1974, vol. 90, nr. 11, p. 409–415.

[17] Jackson, L.D. A. Can. Mining J., 1974, vol. 95, nr. 11, p. 42–45.

[18] Karelin, V. I. *Kavitaționnie iavlenia v lentrobejnih i osevih nasosah*. Moskva, Mașinostroenie, 1975.

[19] Kecke, H. J. Techn. Inform. Armat., 1976, vol.11, nr. 2–3, p. 88–92.

[20] Kerke, H. J. Techn. Inform. Armat., 1977, vol. 12, nr. 3, p. 92–95.

[21] Kneep, B. ș.a. *Kavitația*. Moskva, Mir, 1974.

[22] Kozlovskaia, A. A. *Polimernie i polimer obitumnie materiali dlia zașciti truboprovodov ot korrozii*. Moskva, Stroiizdat, 1971.

[23] Krasnov, V. I. ș.a. Him. Neft. Mașinostr., 1973, nr. 11, p. 32–34 și 1978, nr. 4, p. 36–37.

[24] Lazarev, G. E. Him. Neft. Mașinostr., 1974, nr. 7, p. 38–39.

[25] Maksimova, G. F., Iușmanova, G. A. Ekspluat., Moderniz. i Remont Oborud., 1978, nr. 8, p. 12–14.

[26] Mannapov, R. G., Hilinski, I. B., Him. Neft. Mașinostr., 1978, nr. 11, p. 42–44.

[27] Mihalin, V. M. ș.a. Him. Neft. Mașinostr., 1974, nr. 5, p. 35–37.

[28] Negreev, V. F. ș.a. *Inghibitori korrozii v borbe s navodorojivaniem stali v sisteme jidkie uglevodorodivodnie rasivori*. Baku, AN AzSSR, 1968.

[29] Pavel, A. *Elemente de inginerie mecanică și întreținerea utilajului tehnologic petrochimic*. Vol. I, fascicula 1. Ploiești, Institutul de petrol și gaze, 1976; Elemente de inginerie mecanică (pentru petrochimie). București, Ed. didactică și pedagogică, 1981.

[30] Piltz, H. H. *Über Werksloffzerstörung durch Kavitation. Fak. für Maschinenbau*, TH Darmstadt, 1963; *Werksloffzerstörung durch Kavitation*. Düsseldorf, VDI Verlag, 1966.

[31] Pilaev, N. I., Zdei, I. U. *Kavitația v ghidroturbinah*. Leningrad, Mașinostroenie, 1974.

[32] Polak, J. Proc. Ist Int. Conf. Intern. and Extern. Prot. Pipes, Univ. Durham, 1975, Cranfield, 1975, F4/29-56 și X/89–92.

[33] Popa, M. V. Rev. Chim., 1976, vol 27, nr. 6, p. 514–518 și 1978, vol. 29, nr. 7, p. 669–672.

[34] Radovici, O. ș.a. Rev. Chim., 1973, vol. 24, nr. 9, p. 696–707; 1975, vol. 26, nr. 9, p. 756–760 și 1976, vol. 27, nr. 1, p. 49–52.

[35] Rojdestvenski, V. V. *Kavitația*. Leningrad, Sudostroenie, 1977.

[36] Roman, E. Rev. Chim., 1973, vol. 24, nr. 7 și 8, p. 545–550 și 630–634.

[37] Rubo, E., Bongel, M. CZ-Chemie-Technik, 1972, nr. 1, p. 177–179.

[38] Sengupta, D. Corros. Prev. and Contr., 1974, vol. 21, nr. 4, p. 7–11.

[39] Shreier, L. L. (Ed.). *Corrosion*. Vol. 1 a. 2. London-Boston, Newhes-Butterworths, 1976.

[40] Stachs, H., Strate, W. Techn. Inform. Armat., 1977, vol. 12, nr. 1, p. 11–16.

[41] Stiles, G. F. Promofluid, 1974, nr. 20, p. 68–70.

[42] Tanner, F. E. Gas-Wasser-Abwasser, 1976, vol. 56, nr. 4, p. 183–188.

[43] Vasilțov, E. A., Isakov, A. I. Him. Neft. Mașinostr., 1975, nr. 12, p. 13–14.

[44] Volkov, B. G. ș.a. *Spravocinik po zașcite podzemnih metalliceskih soorujenii ot korrozii*. Leningrad, Nedra, 1975.

[45] Vulcain, R. Ind. Pétrole Eur., 1973, vol. 41, nr. 443, p. 47–49.

[46] Weber, J. Chem. Rdsch. (Schweiz.), 1973, vol. 26, nr. 37, p. 45–47.

[47] Weiser, H. *Kavitation und Korrosion*. Darmstadt, Fak. für Maschinenbau der TH Darmstadt, 1970.

[48] Witschakowski, W., Spähn, H. Maschinenmarkt, 1976, vol. 82, nr. 47, p. 836–840.

[49] Zinevici, A. M. ș.a. *Zașcita truboprovodov i rezervuarov ot korrozii*. Moskva, Nedra, 1975.

# INFORMAȚII

## Matematică și geologie

### *Teză de doctorat*

Cu cîtva timp în urmă, la Universitatea din București, a fost susținută teza de doctorat a matematicianului Dan Zorilescu **Contribuții privind estimațiile caracteristicilor aleatoare ale imaginilor particulelor pe secțiuni subțiri și modele de simulare cu aplicații în cercetările geologice**. Lucrarea, de origine experimentală, face dovada faptică a statutului de avangardă ce-l are facultatea bucureșteană de matematică, un de, cîndva, autorul și-a făcut studiile universitare.

Ea se deosebește de fluviul de teze de doctorat, orientate pe subiecte de îngustă specialitate, mai ales prin finalitatea ei economică. Deși aria de investigații este multidisciplinară, iar instrumentul rafinat de cercetare este eminamente matematic, scopul de căpătîi urmărit este metodologia științifică de fundamentare a deciziilor tehnologice cu atît de importante implicații economice.

Teza nu reprezintă, cum s-ar putea crede la prima vedere, o aplicare obișnuită a unor metode matematice în studiul fenomenelor naturale întîlnite în procesul de investigare geologică, ci originale contribuții teoretice formulate de autor în teoreme.

Motivarea pragmatică a efortului de cercetare, pe care matematicianul Dan Zorilescu și-l îndreaptă de cîțiva ani buni înspre căutarea raționalului în dimensionarea lucrărilor informaționale de investigație geologică, izvorăște din dramatismul prețului de materii prime și din implicațiile acestuia în viața social-economică.

Fiind bine cunoscută acea trăsătură distinctivă, agravantă economicește, a lucrărilor de cercetare geologică (foraje, lucrări de suprafață sau subterane), ce constă în cheltuieli costisitoare și durate de execuție impresionante, devine inutilă demonstrația valorii aplicative ce are întreprinderea autorului pentru a stabili acea metodologie, atît de căutată de practica industrială, prin care să se găsească și să se fundamenteze optimul. Urmărind dimensionarea rețelei informaționale geologice care să posede trăsături de minimax, cum ar fi maximizarea informației pe unitatea de resursă cheltuită, sau minimizarea cheltuielilor pe unitatea de informație obținută, autorul lucrării dă la lumină o tratare teoretică ce se înscrie în sfera probabilităților geometrice.

Am preferat să arătăm, mai întîi, virtuțile aplicative ale cercetărilor redate în teză, întrucît autorul preocupat, poate, de acuratețea demonstrațiilor, atent conduse, ne lasă pe noi cititorii să întrevedem valoarea pragmatică a acestora din urmă.

Elementele originale ale tezei încep cu constituirea setului de parametri caracteristici pentru mărimile aleatoare ale particolelor întîlnite în secțiunile orientate în spațiul subteran investigat. Estimarea mediilor și dispersiilor acestor caracteristici, evaluarea intervalelor de încredere ale valorilor medii reale, atît pentru cazul mediilor omogene, cît și pentru cazul amestecului de particole cu dimensiuni urmînd legi de repartiție date, alcătuiesc eșafodajul operator pe care autorul îl folosește în căutarea optimalului cu aplicație directă în simularea rețelelor informaționale geologice.

Într-un capitol aparte al tezei se studiază o nouă caracteristică informațională și anume „covariograma informațională", care poate constitui un criteriu eficient de comparare a resurselor de informații geologice, în particular, cu referință la diferențierea genetică a zonelor interceptate.

Potențialul interdisciplinar al matematicii este relevat cu pregnanță în studiul proprietăților covariogramei informaționale, unde, prin reducerea proceselor cu o infinitate de etape la procese cu un număr finit de etape, se tratează, după un procedeu marginal, sisteme total dezorganizate și sisteme cu cea mai deplină organizare și se stabilește o teoremă de legătură cu energia informațională și entropia informațională.

În partea finală a lucrării se face deschiderea directă a cercetărilor teoretice spre zone aplicative, dezvoltîndu-se modele stochastice și de simulare pentru optimizarea rețelelor de explorare geologică, pentru estimarea intervalului de încredere în extinderea zonelor de interes economic. Autorul ferește lucrarea de acel ermetism cu care, cu voia sau fără voia lor, autorii matematicieni intimidează pe profanii interesați în cunoașterea lucrărilor, procedînd la deschiderea spre studii aplicative asupra probabilităților de interceptare

a corpurilor mineralizate cu diferite rețele de investigație informațională (linii paralele, rețele dreptunghiulare, pătratice), studii de simulare a formei, masei, volumului și densității corpurilor subterane. Se fundamentează, astfel, baza informațională a cunoașterii structurilor locale și regionale și, prin aceasta, se dă orientarea rațională a lucrărilor de explorare.

Produs al secantei, a două zone disciplinare, cele matematice și cele geologice, lucrarea matematicianului Dan Zorlescu oferă beneficii deopotrivă matematicienilor și geologilor, iar prin reversul ei practic are o autentică virtute economică. Toate aceste calități au fost stabilite și evaluate de către conducătorul științific, acad. *Gheorghe Mihoc* și de către ceilalți membri ai comisiei, acad. *Octav Onicescu*, prof. *George Ciucu*, membru corespondent al Academiei R.S.R., dr. *Eugen Mărgăritescu*. Președintele comisiei de doctorat, prof. *Nicolae Radu*, care a condus lucrările, a încunoștiințat pe cei prezenți, între ei mulți profesioniști, de votul unanim prin care comisia acordă autorului titlul științific de doctor în științe.

Revenind la aspectele metodologice ale procesului de investigare științifică, de care ne convinge, fără s-o declare autorul, vom mai face observația că, transferarea modului de explorare, a modului de gîndire, elaborate într-o zonă disciplinară spre alta, capătă semnificația unei deplasări spre nivelul imediat superior specializării și anume spre integrare.

Autorul tezei a abandonat bătătoritul drum al îngustării cîmpului de investigare științifică. El a deschis unghiul de vedere pentru a cuprinde mentalități și metode diferite. Gîndirea interdisciplinară și multidisciplinară, dovedită în acest demers științific, înseamnă apropierea de concret, apropierea de înfățișarea reală a fenomenului natural, unde totul este intercondiționat și întrepătruns. În lucrare avem de-a face, cum am mai spus, cu ceva mai mult decît cu un simplu transfer de metodică, deoarece și pentru investigația geologică ca și pentru alte multe discipline nematematice, nu găsim o matematică gata elaborată și care stă în așteptarea folosirii ei. Stimularea ne apare aici ca o reciprocă, cu beneficii în ambele părți, în matematici și în metodologia investigației geologice. Dar pentru a identifica acest cîmp de fecundare științifică este nevoie de un travaliu cu aplicație. Acest efort îndelungat a scos la iveală multe și profunde semnificații ale abordării multidisciplinare. Tocmai aceste semnificații mi se par că prin valoarea lor ar trebui puse în lumină. Voi menționa două, ce le cred deasupra altora: v a l o r i f i c a r e a ș i c o n t i n u a r e a cercetărilor. În cazul de față, valorificarea nu se reduce numai la utilizarea industrială a metodologiei de a căuta raționalul în proiectarea lucrărilor complicate și costisitoare de investigare geologică.

Prin valențele ei, această metodologie are darul să schimbe stilul, să ordoneze procesul de decizie economică. Dar schimbarea de stil înseamnă schimbarea concepției ce își găsește expresie în stil. O altă concepție nu poate apare ca act, ca manifestare instantanee, ci reprezintă produsul unui proces, adesea îndelungat și complicat. Învățămîntul, mai ales învățămîntul superior, joacă rolul determinant în procesul de formare a specialiștilor. De aceea, introducerea metodelor matematice în cursurile de prospecțiuni și explorări geologice, ca baze teoretice ale acestor cursuri, ar avea nu numai darul să înnobileze programele de învățămînt, pe cît de stufoase pe atît de tradiționale, dar ar putea acționa direct și efectiv asupra procesului formativ de care am vorbit. Tipărirea dizertației pentru publicul de specialitate, geologi, ingineri tehnologi de mine și petrol, economiști, matematicieni, ar fi o altă cale a valorificării ei pe care editurile de profil o pot cu succes folosi.

Continuarea cercetărilor în sens extins, adică și pe tărîm teoretic, dar și spre lărgirea cîmpului de aplicație a lor, va însemna transferarea activității de cercetare din planul preocupărilor personale, cum este o teză de doctorat, într-o arie a profesionalizării colective în cadrul organizat al instituțiilor de profil. Potențialul științific individual va putea fi astfel protejat și amplificat prin stabilizarea formelor de organizare, bazat tocmai pe primatul valorilor. Ajungem astfel la marea problematică a științei, aceea a organizării travaliului științific în cadrul sistemului general social-productiv. Căci, după cum ne convinge și succesul cercetărilor îndelungate cuprinse în această teză de doctorat, capacități individuale avem, ceea ce mai trebuie este cadrul organizatoric care să confere climatului de lucru acea trăsătură creatoare ce potențează forțele științifice.

Dr. ing. **Florea Neagu**

# Al VII-lea Congres internațional privind gazul natural lichefiat GNL–7

## *Djakarta, 15—19 mai 1983*

În perioada 15—19 mai 1983 va avea loc în Indonezia, la Djakarta, al VII-lea Congres internațional privind gazul natural lichefiat GNL—7. Primul congres a avut loc în 1968, iar ultimul în 1980, la Kyoto în Japonia, la care au participat peste 1 000 de delegați din 40 de țări. Indonezia este cea mai mare producătoare de gaz natural lichefiat și instalațiile ei pentru producerea de astfel de gaze cunosc o dezvoltare continuă.

M. A. WARGA, director cu probleme generale în PERTAMINA și secretarul Comitetului național indonezian de organizare a Congresului GNL—7, a făcut cunoscut că, paralel cu desfășurarea lucrărilor congresului, se va organiza și o expoziție, în Palatul Sporturilor din Djakarta, în apropierea Palatului Congreselor.

Organizarea expoziției GNL—7 a fost încredințată firmei CLAPP & POLIAK INTERNATIONAL, filială a firmei CLAPP & POLIAK INC New York, specializată în organizarea de congrese și expoziții.

Expoziția, care face parte integrantă din activitățile Congresului, va permite expunerea de materiale și procedee în legătură cu explorarea, producția, transportul, înmagazinarea, distribuirea și utilizarea gazului natural lichefiat. Se așteaptă să expună multe firme.

Deși expoziția este destinată, în primul rînd, participanților la congres, se speră ca să atragă numeroși alți vizitatori.

Se așteaptă un mare număr din persoanele cu răspundere din PERTAMINA, întreprindere națională pentru dezvoltarea industriei de gaze și de petrol, precum și din întreprinderi similare din sud-estul Asiei.

Această expoziție va oferi expozanților numeroase posibilități pentru găsirea de piețe de desfacere și să prezinte echipamentul și metodele lor celor direct interesați. Pentru expoziție este rezervată o suprafață de aproximativ 3 500 m², ceea ce va permite instalarea a circa 150 de standuri pentru fabricanți și furnizori.

Organismele care patronează GNL—7 sînt Uniunea Internațională a Industriei de Gaze din Paris, Institutul Tehnologiei Gazului din Chicago și Institutul Internațional al Frigului din Paris.

Informații suplimentare se pot obține de la Secretariatul Uniunii Internaționale a Industriei de Gaze, str. Courcelles nr. 62, 75008 Paris, Franța, Tel. (1) 7660351 — Tx. 642621 FATG.

Revista MINE, PETROL și GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră, București, Calea Victoriei 220, sector 1, cod. 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informația" str. Brezoianu nr. 23—25, București, c. 2025
*Taxele poștale achitate conform aprobăriii D.G.P. Tc. 137/6368/1982*

CENTRALA GAZULUI METAN

UMGM
MEDIAŞ

# UZINA MECANICĂ GAZ METAN MEDIAŞ

## PRODUCE:

- Arzătoare industriale pentru cuptoare de forjă şi tratament termic (TD ; Gc ; ARG ; AGP ; AGM ; GAR ; GARI şi TRICEM )
- Arzătoare industriale pentru petrochimie ( ALCP ; AGSK ; AIGA ; şi AFCH )
- Aparatură pentru reglarea debitului de gaz metan
- Regulatoare de uz industrial cu acţionare indirectă ( $RPA_3$ şi $RPA_5$ )
- Regulatoare de uz industrial cu acţionare directă ( RPG )
- Clapete simple şi duble de reglare a debitului de aer şi gaz cu servomotor electric pentru acţionare
- Aparatură pentru măsurarea debitului de gaz metan
- Supape de siguranţă cu arc pentru presiuni reglate pe stand ( Dn )
- Instalaţii de probă sub presiune de 1000 kgf / $cm^2$

CONFECTII DE UTILAJ PETROLIER

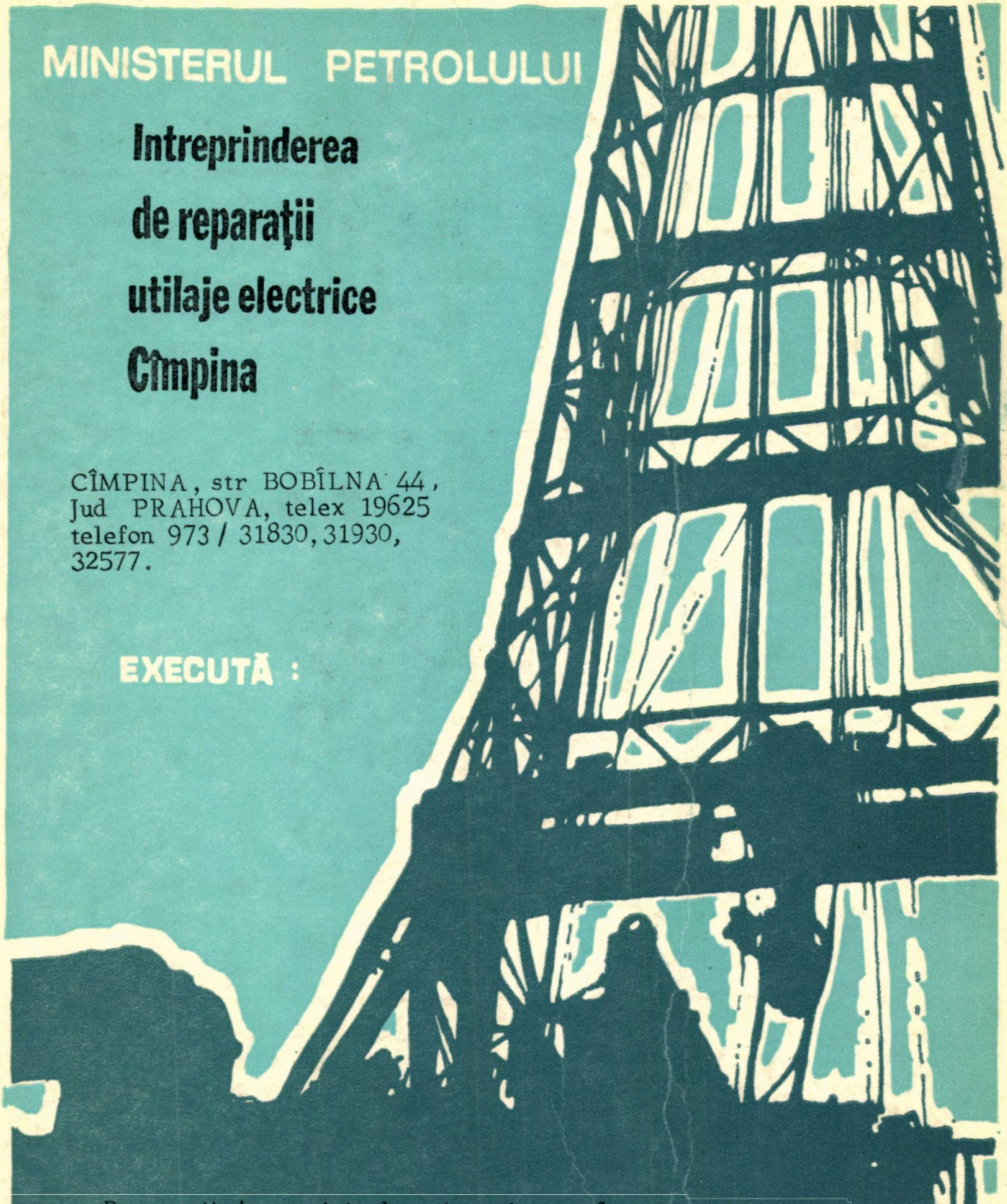
- Fitre pentru gaz metan
- Turle de producţie
- Staţii pentru reglarea şi măsurarea debitului de gaz metan

MEDIAŞ, Str. Expoziţiei nr. 4, telefon : secretariat 11864, telex 49741

MINISTERUL PETROLULUI

**Intreprinderea de reparaţii utilaje electrice Cîmpina**

CÎMPINA, str BOBÎLNA 44,
Jud PRAHOVA, telex 19625
telefon 973 / 31830, 31930,
32577.



**EXECUTĂ :**

- Reparaţii de maşini electrice şi transformatoare;
- Confecţii de instalaţii electroenergetice pentru şantierele petroliere şi exploatările miniere;
- Confecţii de elemente de automatizare pentru şantierele petroliere şi exploatările miniere;
- Confecţii şi reparaţii scule de foraj-extracţie.

ACORDĂ ASISTENŢĂ TEHNICĂ LA PUNEREA ÎN FUNCŢIUNE A INSTALAŢIILOR ELECTROENERGETICE ŞI A.M.C.


1982 MAJ 2 0

E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, martie 1982

3

# INSTITUTUL DE CERCETĂRI ȘI PROIECTĂRI MINIERE PENTRU CĂRBUNE PETROȘANI

## întocmeşte:

STUDII SI PROIECTE TEHNOLOGICE PRECUM SI DOCUMENTATII TEHNICO - ECONOMICE PENTRU OBIECTIVE DE INVESTITII PRIVIND EXPLOATAREA, PREPARAREA SI BRICHETAREA CARBUNILOR

STUDII SI PROIECTE DE MECANIZARE SI AUTOMATIZARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE SPECIFICE INDUSTRIEI CARBONIFERE, PRECUM SI PROIECTE PENTRU UTILAJE SI ECHIPAMENTE MINIERE

Str. MIHAI VITEAZUL nr. 3, jud. HUNEDOARA
cod 2675, telefon 41460

MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XXXIII
Nr. 3 1982

## CUPRINS

*Cristescu, N.* **Asupra fluajului rocilor.** 105

*Balasko, W. şi Szabo, C.* **Aspecte privind implementarea automatelor programabile pentru conducerea proceselor tehnologice din instalaţiile de preparare şi brichetare a cărbunelui** 109

*Costea, I., Cobîrzan Victoria, Dobra, Gh. şi Martin, O.* **Procedeu hidroelectrometalurgic de prelucrare a zgurelor antimonioase** 114

*Iordache, G.* **Elemente pentru calculul şi tehnologia cimentării coloanelor cu diametre mari** 119

*Popescu, F., Ana, I. şi Orosz, M.* **Noi aditivi de fluide de foraj pentru săparea sondelor de ţiţei şi gaze. Tendinţe şi realizări** 126

*Pavelescu, L. şi Pavelescu Maria.* **Contribuţii la studiul petrografic al ofiolitelor din baza pînzei getice de pe valea Jiului de vest** 128

*Paraschiv, D.* **Principalele unităţi litostratigrafice din preneojurasicul Platformei moesice** 134

### INFORMAŢII

*Leţu, N.* Teză de doctorat Georgescu Mircea **Contribuţii la optimizarea parametrilor tehnologici ai metodelor de exploatare cu surpare în subetaje aplicate zăcămintelor metalifere tip stock, cu referire la zăcămîntul cuprifer Deva**

* * * Consfătuire **Folosirea raţională şi protecţia calităţii apei în localităţi, industrie şi agricultură** 137

### ŞTIRI

COLEGIUL DE REDACŢIE

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ,** preşedinte ; dr. ing. **GHEORGHE ALDEA ;** ing. **ŞTEFAN BENEA ;** dr. geol. **IOSIF BERCIA;** ing. **TEODOR BORU;** dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU;** ing. **VIRGIL FĂTU;** dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ ;** dr. ing. **FLOREA NEAGU;** ing. **NICOLAE PANTILIE; ELENA VRĂNCEANU,** redactor.

## REZUMATE

C.Z. 622.831 : 681.14

Cristescu, N. *Asupra fluajului rocilor*

Autorul demonstrează cu ajutorul măsurării deformaţiilor longitudinale şi transversale, în încercări de fluaj uniaxial, modul cum se pot obţine date experimentale care să permită formularea unui model matematic (ecuaţie constitutivă) pentru a descrie fluajul rocilor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.788 : 658.512.2

Balasko, W. şi Szabo, C. *Aspecte privind implementarea automatelor programabile pentru conducerea proceselor tehnologice în instalaţiile de preparare şi brichetare a cărbunilor*

Autorii dezbat problema implementării automatelor programabile (prima etapă în realizarea sistemelor de comandă şi control centralizat pe baza calculatoarelor de proces şi automate programabile) care prezintă o serie de noutăţi în proiectarea, programarea şi racordarea instalaţiilor de automatizare în cadrul proceselor tehnologice din instalaţiile de preparare şi brichetare a cărbunilor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 546.86 : 669.054

Costea, I., Cobîrzan Victoria, Dobra, Gh. şi Martin, O. *Procedeu hidroelectrometalurgic de prelucrare a zgurelor antimonioase*

Autorii analizează posibilităţile de valorificare a antimoniului şi a celorlalte metale conţinute în zgure, stabilind în final un procedeu hidrometalurgic care constă din: solubilizarea antimoniului din zgură în soluţie de sulfură de sodiu, valorificarea antimoniului din soluţiile de sulfosăruri de antimoniu sub formă de antimoniu catodic prin electroliză şi prelucrarea nămolului plumbos rezultat după separarea antimoniului, prin procedee pirometalurgice, în vederea valorificării elementelor utile.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.245.4

Iordache, G. *Elemente pentru calculul şi tehnologia cimentării coloanelor cu diametre mari*

Autorul prezintă o metodologie de calcul privind tehnica şi tehnologia cimentării coloanelor de tubare cu diametru mare. Se precizează parametrii procesului de cimentare şi se studiază alternative de realizare practică.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.276 : 622.243

Popescu, F., Ana, I. şi Orosz, M. *Noi aditivi de fluide de foraj pentru săparea sondelor de ţiţei şi gaze*

Se prezintă aditivii utilizaţi în mod curent pe grupe de funcţiuni, deficienţele pe care le prezintă aceştia în forajul adînc şi ultraadînc, precum şi noii aditivi elaboraţi în urma cercetărilor de la Institutul de cercetări şi proiectări pentru petrol şi gaze de la Cîmpina pentru forajul adînc şi ultraadînc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 552.1 : 553.48

Pavelescu, L. şi Pavelescu Maria *Contribuţii la studiul petrografic al ofiolitelor din baza pînzei getice de pe valea Jiului de vest*

După o scurtă descriere geologică şi petrografică a regiunii, autorii prezintă o analiză aprofundată a ofiolitelor sub aspect petrografic şi chimic, grupate în cinci categorii principale, localizate în regiunea luată în considerare. Se pune în evidenţă fenomenul de serpentinizare care a condus la formarea de noi minerale cu prezenţa cromului, a nichelului şi alte elemente interesante din punct de vedere economic.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 551.762

Paraschiv, D. *Principalele unităţi litostratigrafice din preneojurasicul Platformei moesice*

Autorul sistematizează datele actuale şi face propuneri de uniformizare a nomenclaturii litostratigrafice pentru depozitele preneojurasice ale Platformei moesice, definind unităţi litostratigrafice majore: Grupul Ialomiţa, Formaţiunea de Călăraşi, Grupul Vedea—Jiu, Formaţiunea de Alexandria şi Grupul Olteţ.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

# CONTENTS


C.Z. 622.831 : 681.14

Cristescu, N. *On Creep of Rocks*

It is shown how by measuring both longitudinal and transverse strains in uniaxial creep tests, one can obtain experimental data allowing the formulation of a mathematical model, i.e. of the constitutive equation, able to describe the creep of rocks. A volume creep and the ability of the model to describe the rock dilatancy and the non-linear rock compressibility obtained in creep tests are put into evidence. Viscosity coefficients for the volume appear sometimes positive, sometimes negative and they are variable, changing even sig··.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.788 : 658.512.2

Balasko, W. and Szabo, C. *On the implementation of the automatic machines with programmed control for the process management of coal preparation and briquetting plants*

The authors examine the first stage of the introduction of monitoring and centralized control systems based on the processors and automatic machines with programmed control. A series of novelties in projecting, programming and connecting of automation devices as part of the processes from coal preparation and briquetting plants is displayed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 546.86 : 669.054

Costea, I., Cobîrzan Victoria, Dobra, Gh. and Martin, O. *Hydrometallurgical process for antimonous slag treatment*

The authors analyse the possibilities to recover antimony and other metals from slag. A hydrometallurgical process is established consisting in leaching the antimony from the slag in a sodium sulphide solution, antimony recovery from antimony sulphosalts as cathodic antimony by electrolysis and the treatment of the remaining lead slurry by pyrometallurgical methods in order to recover other useful metals.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.245.4

Iordache, G. *Elements for calculation and technology of large diameter casing cementing*

The author presents a new method of calculation establishing the parameters of the cementing process and alternative solutions for practical achievements.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.276 : 622.243

Popescu, F., Anə, I. and Orosz, M. *New fluide additives for drilling oil and gas wells*

The usual additives classified after their functions and their short-comings in the case of deep—and very deep-well drilling are presented. New additives for this special case elaborated by the Institute of Research and Design for Oil and Gas from Campina are discussed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 552.1 : 553.48

Pavelescu, L. and Pavelescu Maria *Contribution to the petrographic study of ophiolites from the basement of Getic overthrust sheet from the Eastern Jiu Valley*

After a short geologic and petrographic presentation of the region, the author performs a detailed analysis of the ophiolites in petrographic and chemical point of view which are classified into five main groups. The serpentinization phenomenon which leads to building-up of new minerals with chrome and nickel and other valuable elements is put into evidence.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 551.762

Paraschiv, D. *The main lithostratigraphic units from Pre-Neojurassic period of the Moesic Platform*

A systematization of the available data and proposals for a standardization of the lithostratigraphic terminology for the Pre-Neojurassic deposits of the Moesic Platform is presented. The major lithostratigraphic units are defined : Ialomiţa Group, Călăraşi Formation, Vedea-Jiu Group, Alexandria Formation and Olteţ Group.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982


# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.831 : 681.14

Кристеску, Н. *О текучести горных пород*

Автор доказывает, с помощью измерений продольных и поперечных деформаций при испытании моноаксиальной текучести, каким образом можно получить экспериментальные данные, способствующие сформулировать математическую модель (составное уравнение) описания текучести горных пород .

Ключевые слова: текучесть, горные породы, деформации, математическая модель

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.788 : 658.512.2

Баласко, В. и Сабо, К. *Некоторые аспекты использования запрограммируемых автоматов при управлении технологическими процессами на установках обогащения и брикетирования углей*

Авторы рассмотривают вопрос использования запрограммируемых автоматов (как первый этап создания систем управления и централизованного контроля на основе вычислительных машин и запрограммируемых автоматов), представляющих ряд новостей в проектировании, программировании и использовании автоматических установок технологических процессов на фабриках обогащения и брикетирования углей.

Ключевые слова: запрограммируемые автоматы, технологический процесс, обогащение, брикетирование, уголь.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 546.86 : 669.054

Костя, И., Кобырзан Виктория, Добра, Г. и Мартин, О. *Электрогидрометаллургический способ переработки шлаков с содержанием антимония*

Авторы анализируют возможности извлечения антимония и других металлов из шлаков, определив в конечном счете гидрометаллургический способ, заклю-

чающийся в: растворении антимония из шлаков в растворе сульфида натрия, извлечении антимония из растворов сульфидов антимония в виде катодного антимония при электролизе и в переработке свинцовых ил, полученных при отделении антимония пирометаллургическим способом, в целях извлечения полезных элементов.

Ключевые слова: антимонитовые шлаки, гидрометаллургический способ, пирометаллургический, электролиз, извлечение, антимоний, свинец, илы.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

C.Z. 622.245.4

Иордаке, Г. *Расчетные элементы и технология цементации колонн большого диаметра*

Автор описывает методику расчета техники и технологии цементации колонн труб большого диаметра. Указываются параметры процесса цементации и изучаются варианты её практического осуществления.

Ключевые слова: расчетные элементы, цементация, колонны труб.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

C.Z. 622.276 : 622.243

Попеску, Ф., Ана, И. и Орос, М. *Новые добавки буровых растворов при бурении скважин нефти и газа*

Представлены часто используемые добавки по группам работ, их недостатки при глубоком и сверхглубоком бурениях, а также новые добавки, которые были созданы в результате исследованимй Научно-исследовательского и проектного института нефти и газа г. Кымпина.

Ключевые слова: добавки, буровые растворы, скважины нефти, глубокое и сверхглубокое бурение

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

C.Z. 552.1 : 553.48

Павелеску, Л. и Павелеску Мария *Вклад при петрографическом изучении фундамента гетского пласта грунтовой воды восточной зоны Валя Жиулуй*

После короткого геологического и петрографического описания области, авторы представляют глубокий анализ офиолитов с петрографической и химической точек зрения, разделенных на 5 основных групп. Выделяется явление серпентинизации, которое способствовало образованию новых минералов с присутствием хрома, никеля и других выгодных с экономической точки зрения элементов.

Ключевые слова: офиолиты, петрографическое изучение, серпентинизация, Валя Жиулуй.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

C.Z. 551.762

Параскив, Д. *Основные литостратиграфические единицы донеюраса Мзинской Платформы*

Автор систематизирует актуальные данные и разрабатывает предложения единой литостатиграфической номенклатуры для донеюрасовых отложений Мзинской платформы, определив крупные литостратиграфические единицы: Группа Яломица, Формация Кэлэрашь, Группа Ведеа-Жиу, Формация Александрия и Группа Олтец.

Ключевые слова: единицы литографические, донеюрасовые отложения, Мзинская платформа

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

Дисертация к.т.н. Джеорджеску, М. *Оптимизация технологических параметров системы разработки подэтажного обрушения применительно к рудным месторождениям штокверкового типа, в частности к месторождению медных руд Дэва*

Автор рассмотривал особоважный вопрос лучшего использования минеральных ресурсов С. Р. Румынии, в целях рациональной разработки рудных месторождений при применении системы разработки подэтажного обрушения.

Ключевые слова: технологические параметры, система разработки подэтажного обрушения, рудные месторождения.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

**Новости**

---

## SOMMAIRE

C.Z. 622.831 : 681.14

Cristescu, N. *Sur le fluage des roches*

On montre comme par la mesure des déformations longitudinales et transversales dans les essais de fluage monoaxial on peut obtenir des données expérimentales qui permettent la formulation d'un modèle mathématique, respectivement une équation constitutive, capable de décrire le fluage des roches. On met en évidence un fluage de volume et l'habilité du modèle de décrire la dilatation et la compressibilité non-linéaire de la roche obtenues dans les essais de fluage. Les coefficients de viscosité pour le volume apparaissent parfois positifs, parfois négatifs ; ils sont variables et même ils changent le signe.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

C.Z. 622.788 : 658.512.2

Balasko, W. et Szabo, C. *Sur l'implémentation des machines automatiques programmables pour la conduite du processus technologique dans les instalations de préparation et de briquetage du charbon*

Les auteurs examinent le problème de l'implementation des automates programmables (la première étape de l'achèvement des systèmes de commande et contrôle centralisé basée sur des calculatrices de processus et automates programmables) qui présente un série de nouveautés en projection, programme et connections des installations d'automation dans le cadre des processus technologiques des installations de préparation et briquetage du charbon.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

---

C.Z. 546.86 : 669.054

Costea, I., Cobîrzan Victoria, Dobre, Gh. et Martin, O. *Procédé hydrométallurgique de traitement des laitiers d'antimoine*

Les auteurs analysent les possibilités de valorisation de l'antimoine et des autres métaux contenus dans les laitiers. Le procédé hydrométallurgique comprend la solubilisation de l'antimoine de laitier en solution de sulfure de sodium, l'extraction de l'antimoine comme antimoine cathodique par électrolyse et le traitement de la boue de plomb résultée après la séparation de l'antimoine par des procédés pyrométallurgiques ayant comme but la valorisation des éléments utiles.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.245.4

Iordache, G. *Éléments pour la calculation de la technologie de cimentation des colonnes de tubage au grand diamètre*
L'auteur présente une méthodologie de calculation pour la technique et la technologie de cimentation des colonnes de tubage au grand diamètre. Sont déterminés les paramètres du processus de cimentation et on examine les alternatives pour l'accomplissement pratique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.276 : 622.243

Popescu, F., Ana I. et Orosz, M. *Nouveaux additifs pour fluides de forage des sondes de pétrole et gaz*
On présente des additifs utilisés habituellement qui sont classifiés par groupes de fonctions, ainsi que leurs défauts dans le forage profond et très profond. Sont présentés en même temps les nouveaux additifs élaborés à la suite des recherches de l'Institut de recherches et projets pour pétrole et gaz de Campina pour le forage profond et très profond.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 552.1 : 553.48

Pavelescu, L. et Pavelescu Maria *Contributions à l'étude pétrographique des ophiolites de la base de la nappe de charriage gétique de Valea Jiului*
Après une brève présentation géologique et pétrografique de la région, l'auteur analyse en détail les ophiolites au point de vue pétrographique et chimique, groupés en cinq categories. On met en évidence le phénomène de serpentinisation qui a conduit à la formation de nouveaux minéraux avec chrome et nickel et d'autres éléments d'une importance économique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 551.762

Paraschiv, D. *Les principales unités lithostratigraphiques de la période prénéojurassique de la Plate-forme Moesique*
L'auteur achève une systématisation des données actuelles et fait des propositions pour un règlement des termes lithostratigrafiques pour les dépôts de la période prénéojurassique de la Plate-forme Moesique. Sont définies les unités majeures suivantes : la formation de Călăraşi, le groupe Vedea-Jiu, la formation de Alexandria et le groupe Olteţ.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

## INHALT

C.Z. 622.831 : 681.14

Cristescu, N. *Über das Kriechen der Gesteine*
Der Verfasser bekundet mit Hilfe der Messung der longitudinalen und transversalen Deformationen, durchgeführt in der monoaxiale Kriechenversuchen, die Art in welchen experimentalen Ergebnissen für die Formulierung eines mathematische Modells (konstitutive Gleichung) für die Beschreibung des Gesteinekriechens können lassen erhalten.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.788 : 658.512.2

Balaskó, W. und Szabó, O. *Gesichspunkte über die Implementation der Programmautomaten für die Steuerung der technologischen Prozessen in der Aufbereitungs- und Brikettieranlagen der Kohle*
Die Verfassern besichtigen das Problem der Implementation der Programmautomaten (die erste Etappe für die Erfülung der zentralisierte Steuerungs- und Überwachungssytem aufgrund der Prozessrechner und Programmautomaten) welche vorgestellt mehrere Neuingkeiten für Entwerfen Programmierung und Anschluss der automatischen Anlagen im Rahmen der technologische Prozessen der Aufbereitungs- und Brikettieranlagen für Kohle.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 546.86 : 669.054

Costea, I., Cobîrzan Victoria, Dobra, Gh und Martin, O. *Hydrometallurgische Verfahren für die Bearbeitung der antimonische Schlacken*
Die Verfassern analysieren die Ausnutzbarkeit des Antimons und der anderen in der Schlacke gefandenen Metalle und bestimmen eine hydrometallurgische Verfahren welche besteht aus eine Laugung der Natriumsulfidlösung, die Verwertung des Antimons aus Antimonsulfosalzlösungen als Antimonkathode bei der Elektrolyse und die Bearbeitung der resultierte Bleischlamm nach der Antimonabscheidung mit pyrometallurgische Verfahren für die Verwertung der nützliche Elemente.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.245.4

Iordache, G. *Elemente für die Rechnung und Technologie der Einzementierung der Rohrfahrt*
Der Verfasser stellt eine Rechnenverfahren für die Technik und Technologie der Einzementierung der Rohrfahrt mit grosse Durchmesser dar. Die parameters des Einzementierungsprozesses sind ausgezeichnet und mehrere Alternativen für praktische Einführung sind analysiert.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 622.276 : 622.243

Popescu, F., Ana, I. und Orosz, M. *Neue Spülung-Zusätze für Erdöl und Erdgas Bohrungen*
Es werden die vorläufige Zusätze auf Funktionsgruppen verteilt, die Nachteile nach Tiefbohrungen, wie die neue ausgeführte Zusätze infolge der Untersuchungen in der Institut für Erdöl und Erdgas Untersuchungen und Verwerfen in Campina für Tiefbohrungen vorgelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 552.1 : 553.48

Pavelescu, L. und Pavelescu Maria *Beitrag nach dem petrographische Studium der Ophioliten aus der Basis der getische Überschiebungsdecken von Valea Jiului*
Nach einer kurze geologische und petrographische Darstellung der Region, der Verfasser legt eine vertiefte Analysis über die Ophioliten unter petrographische und chemische Gesichtspunkt vor, welche in fünf hauptsächliche Kategorien sind klassifiziert. Das Serpentinisierungsphänomen welches zur Bildung neuer Mineralien mit Chrom, Nickel und andere nützliche Elemente hat geführt ist ausgezeichnet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

C.Z. 551.762

Paraschiv, D. *Die wichtigste lithostratigraphische Einheiten von Vorneojura der Moesische Platform*
Der Verfasser stellt eine Ordnung der aktuelle Ergebnissen vor und vorschlag eine lithostratigraphische standard-Nomenklatur für die Vorneojura Lagerstätte der Moesische Platform. Die folgende haupsächliche Einheiten sind definiert : die Gruppe Ialomiţa, die Formation Călăraşi, die Gruppe Vedea-Jiu, die Formation Alexandria und die Gruppe Olteţ.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 3, 1982

# Asupra fluajului rocilor

Prof. dr. doc. **N. Cristescu**
Universitatea București

## Introducere

Încercările de fluaj făcute în laborator sînt de primă importanță pentru practica minieră, pentru o mai precisă dimensionare a elementelor din structurile subterane, pilieri, planșee etc., dar și pentru o posibilă prognozare a alunecărilor, prăbușirilor etc. De cele mai multe ori se fac încercări de fluaj cu suprafața laterală a epruvetei liberă de tensiuni. Acestea sînt așa-numitele experiențe uniaxiale neconfinate. Mai utile sînt însă încercările de fluaj făcute la triaxial, cînd și suprafața laterală a epruvetei este încărcată (experiențe zise confinate). Ultimele experiențe sînt executate mai rar din cauza dificultăților de natură tehnică, deși în acestea roca este supusă unor condiții mult mai apropiate de condițiile în care se află ea in situ.

În lucrare ne vom referi la încercările uniaxiale neconfinate, arătînd cum rezultatele experimentale se pot utiliza pentru formularea unui model matematic care să descrie fluajul rocilor.

## Fluajul uniaxial

Se utilizează, de obicei, epruvete cilindrice de diametru $D = 5$ cm și înălțime $h = 10$ cm. Încărcarea axială se realizează în diverse moduri. Pentru detalii privind modul de realizare a unei asemenea experiențe a se vedea [1; 2; 3 ș.a.].

În principiu, în toate aceste experiențe epruveta este încărcată axial cu o forță ce se menține constantă un interval îndelungat de timp, în care este măsurată variația deformației axiale $\varepsilon_1$ și a celei transversale $\varepsilon_2$. Această experiență durează mai multe zile, săptămîni sau chiar luni. În general, la sfîrșitul unui anumit interval creșterea deformației încetează. Dacă deformațiile rămîn constante mai multe zile și este cert că ele nu vor mai varia, zicem că procesul de deformare prin fluaj s-a *stabilizat*. În continuare se aplică aceleiași epruvete o încărcare adițională și așa mai departe. În figura 1 sînt redate curbe tipice de fluaj care se obțin în acest mod pentru deformația axială pentru șist mineralizat de Palazu Mare. Ultimele puncte de pe diagrame, indicate prin steluțe, corespund ruperii epruvetei. Pentru descrierea rezultatului experienței, în locul tensiunii efective $\sigma_{ef}$ este utilizat *gradul de încărcare* $\Delta = \sigma_{ef}/\sigma_r$ [1], unde $\sigma_r$ este rezistența la compresiune a rocii obținută în încercări uniaxiale efectuate cu $\dot{\sigma} = \text{const.}$, utilizînd o viteză de încărcare medie. $\sigma_r$ va fi considerat a fi o constantă materială. Curbele din figura 1 arată că la fiecare creștere a gradului de încărcare obținem o creștere zisă „instantanee" a deformației, urmată de o creștere lentă în timp, datorită fluajului. Curbe asemănătoare se obțin și pentru deformația transversală, care este însă negativă (diametrul epruvetei crește).

Pentru formularea modelului matematic care să descrie fluajul dar și pentru aplicații este important de menționat că deformația datorită fluajului se stabilizează numai dacă încărcarea aplicată nu depășește o anumită încărcare limită critică. Dacă această încărcare limită este depășită, atunci fluajul nu se mai stabilizează, el continuă pînă la producerea ruperii. Putem trasa pe grafic (fig. 2) curbele de stabilizare pentru cele două deformații $\sigma_1 - \varepsilon_1$ și $\sigma_1 - \varepsilon_2$, așa cum rezultă din experiențe. Apoi putem aproxima aceste curbe prin expresii matematice simple, de exemplu :

$$\sigma_1 = a_1[1 - \exp(-b_1\varepsilon_1)]$$
$$\sigma_1 = a_2[1 - \exp(-b_2\varepsilon_2)] \qquad (1)$$

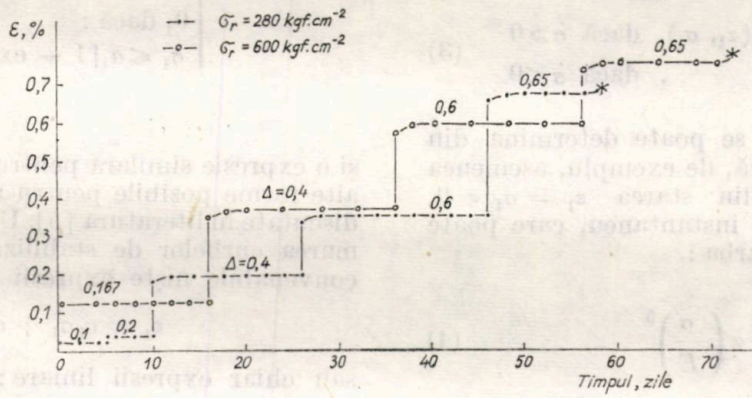



Fig. 1. Sist mineralizat de Palazu Mare

unde $a_i$ și $b_i$ sînt constante specifice rocii considerate. Aici $\sigma_1 = a_1$ și $\sigma_1 = a_2$ sînt chiar asimptotele dincolo de care fluajul nu se mai stabilizează. Figura 2 corespunde gresiei (Siriu) și a fost obținută de M. Nicolae [4].

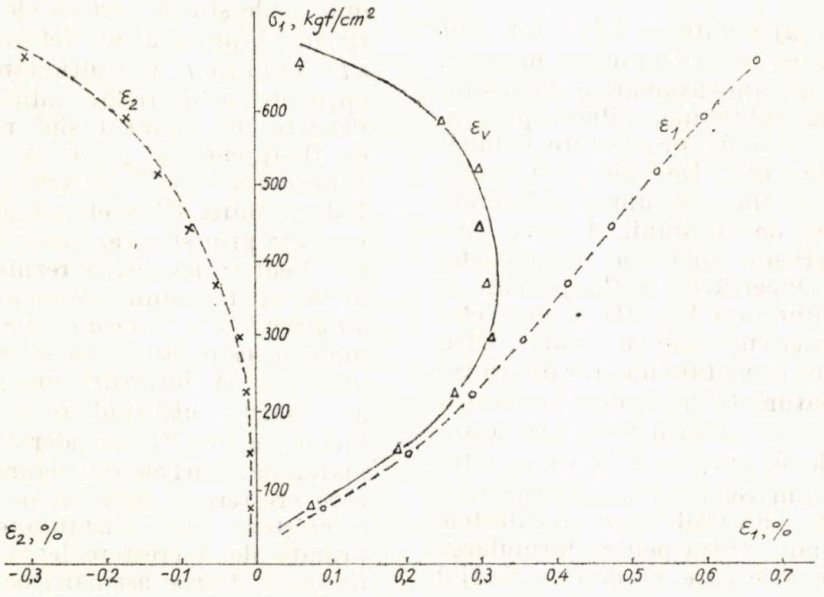



Fig. 2. Curbe de stabilizare în cazul deformațiilor gresiei de Siriu

*Model matematic*

Pentru fiecare din cele două deformații $\varepsilon_1$ și $\varepsilon_2$ vom postula o ecuație constitutivă de forma:

$$\dot{\varepsilon}_1 = \left[\frac{1}{E} + F_1(\varepsilon_1, \sigma_1, \operatorname{sgn}\dot{\sigma}_1)\right]\dot{\sigma}_1 + \Psi_1(\varepsilon_1, \sigma_1) \tag{2}$$

și similar pentru $\varepsilon_2$*). Aici $\Psi_1(\varepsilon_1, \sigma_1) = 0$ este chiar ecuația curbei de stabilizare a fluajului pentru $\varepsilon_1$, iar funcția $F_1$ intervine eventual dacă răspunsul instantaneu al rocii nu este liniar elastic. Pentru majoritatea rocilor acest coeficient se poate alege de forma:

$$F_1(\varepsilon_1, \sigma_1, \operatorname{sgn}\dot{\sigma}_1) = \begin{cases} \Phi_1(\varepsilon_1, \sigma_1), & \text{dacă } \dot{\sigma} \geqslant 0 \\ 0, & \text{dacă } \dot{\sigma} < 0 \end{cases} \tag{3}$$

iar funcția $\Phi_1(\varepsilon_1, \sigma_1)$ se poate determina din experiențe rapide. Dacă, de exemplu, asemenea experiențe, pornite din starea $\varepsilon_1 = \sigma_1 = 0$, conduc la un răspuns instantaneu, care poate fi aproximat prin curba:

$$\varepsilon = \alpha\left(\frac{\sigma}{E}\right)^{\beta} \tag{4}$$

*) sgn $a$ are semnificația de „semnul lui $a$"

cu $\alpha > 0$ și $\beta > 0$ constante ale materialului, atunci coeficientul $\Phi$ se poate alege de forma:

$$\Phi(\varepsilon_1, \sigma_1) = \frac{\alpha\beta}{E}\left(\frac{\sigma_1}{E}\right)^{\beta-1} - \frac{1}{E} \tag{5}$$

unde:

$E$ este modulul lui Young, determinat în experiențe de descărcare. În model el este presupus a fi constant. Punctele plasate deasupra literelor din relația (2) înseamnă derivată în raport cu timpul.

Dacă frontierele de stabilizare a fluajului sînt de forma relației (1), atunci pentru coeficientul $\Psi(\varepsilon_1, \sigma_1)$ putem folosi expresia:

$$\Psi_1(\varepsilon_1, \sigma_1) = \begin{cases} \dfrac{k_1}{E}\{\sigma_1 - a_1[1 - \exp(-b_1\varepsilon_1)]\}, \\ \text{dacă:} \\ \quad \sigma_1 > a_1[1 - \exp(-b_1\varepsilon_1)] \\ 0, \text{ dacă:} \\ \sigma_1 \leqslant a_1[1 - \exp(-b_1\varepsilon_1)] \end{cases} \tag{6}$$

și o expresie similară pentru $\Psi_2(\varepsilon_2, \sigma_1)$. Diverse alte forme posibile pentru acest coeficient sînt discutate în literatură [5]. Uneori pentru aproximarea curbelor de stabilizare a fluajului sînt convenabile niște expresii parabolice:

$$\varepsilon_1 = c_1\sigma_1 + d_1\sigma_1^2$$

sau chiar expresii liniare:

$$\sigma_1 = h_1\varepsilon_1.$$

În aceste cazuri coeficientul $\Psi_1$ se transcrie în mod corespunzător. În continuare vom folosi expresiile (1) tocmai pentru a putea descrie, prin modelul matematic, și pierderea de stabilitate a rocii. De asemenea, pentru simplificare vom considera doar răspunsuri instantanee liniar elastice. În relația (6) $E/k_1$ joacă rolul unui coeficient de viscozitate. El poate rezultă din variația în timp a deformației în timpul unei perioade de fluaj obținută experimental. Dacă în timpul unei perioade de fluaj $\sigma_1 = \sigma_{10} = \text{const.}$, atunci coeficientul de viscozitate se poate obține din:

$$\varepsilon_{1f} - \varepsilon_{1i} + \frac{1}{b} \ln \left| \frac{\sigma_{10} - a_1 + a_1 \exp(-b_1 \varepsilon_{1f})}{\sigma_{10} - a_1 + a_1 \exp(-b_1 \varepsilon_{1i})} \right| = \frac{k_1}{E} (\sigma_{10} - a_1)(t_f - t_i) \qquad (7)$$

unde $\varepsilon_i$ este deformația inițială în momentul începerii fluajului, $\varepsilon_f$ deformația finală, $t_f - t_i$ intervalul de timp în care are loc fluajul. Formule de tipul (7) pot fi considerate și pe intervale mai scurte de timp. Ele furnizează valoarea lui $E/k_1$ în poise (P). Integrînd pe diverse intervale se găsește că pentru majoritatea rocilor $k_1$ nu este constant. Într-o versiune simplificată a modelului el poate fi considerat constant și egal cu valoarea globală, determinată pe toată perioada de fluaj. O examinare mai atentă indică, pentru multe roci, că valoarea lui $k_1$ descrește cu creșterea lui $\varepsilon_1$ în timpul unei perioade de fluaj. Astfel se pot determina toate elementele din ecuația constitutivă (2). Un procedeu similar se aplică și pentru ecuația constitutivă corespunzătoare deformației $\varepsilon_2$, cu deosebirea că coeficientul de viscozitate $E/k_2$ este totdeauna negativ.

Exemple de determinare a ecuației constitutive de tip (2) au fost date pentru diverse tipuri de roci [6; 7; 8; 1]. Comportarea diverselor tipuri de roci este, în general, foarte variată. Totuși, pentru cele mai multe roci competente (șist, dolomit, calcar etc.) coeficientul de viscozitate $E/k_1$ este de ordinul $10^{15}$ P. Pentru gresie el este de ordinul $10^{13}$ P, pentru sare $10^{12} - 10^{13}$ P, pentru cretă naturală $10^{13} - 10^{11}$ P etc. Coeficientul de viscozitate $E/k_2$ este negativ și în valoare absolută ceva mai mic decît $E/k_1$; pentru multe roci $|E/k_2| \simeq \frac{1}{2} \div \frac{1}{3} (E/k_1)$. De exemplu pentru gresie (Siriu) se obține $E/k_1 = 3{,}41 \times 10^{13}$ P și $E/k_2 = -5{,}66 \times 10^{13}$ P, iar pentru altă gresie (Bucuresci — Rovina) se obține $E/k_1 = 2{,}3 \times 10^{14}$ P și $E/k_2 = -1{,}2 \times 10^{14}$ P.

**Fluajul volumului**

După determinarea fluajului pentru cele două componente ale deformației $\varepsilon_1$ și $\varepsilon_2$, rezultă și fluajul corespunzător al volumului, deoarece deformația de volum este $\varepsilon_v = \varepsilon_1 + 2\,\varepsilon_2$ (fig. 2). Modelul matematic care descrie fluajul volumului este de același tip cu modelele de mai sus: există un răspuns instantaneu pentru volum, o frontieră de stabilizare a fluajului și un coeficient de viscozitate pentru volum. Astfel ecuația constitutivă pentru fluajul volumului se poate scrie sub forma:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{3K} + \frac{\eta}{3K} [\sigma - g(\varepsilon, \bar{\varepsilon})] \qquad (8)$$

unde:

- $\varepsilon$ este deformația medie;
- $\sigma$ — tensiunea medie;
- $\sigma = g(\varepsilon, \bar{\varepsilon})$ este frontiera de stabilizare a fluajului volumului;
- $3K/\eta$ — coeficientul de viscozitate pentru volum;
- $K$ — modulul compresibilității de volum (determinat la descărcare);
- $\bar{\varepsilon}$ — deformația „echivalentă", adică $\bar{\varepsilon} = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{\varepsilon_{ij}\, \varepsilon_{ij}}$.

Toate elementele din relația (8) pot fi determinate prin datele experimentale obținute în modul prezentat mai sus. Astfel, după [8]:

$$\frac{\eta}{3K} = \frac{k_1 + 2k_2}{E} \qquad (9)$$

$$g(\varepsilon, \bar{\varepsilon}) = \frac{k_1 a_1 \{1 - \exp[-b_1(\bar{\varepsilon} + \varepsilon)]\} + 2k_2 a_2 \left\{1 - \exp\left[-b_2\left(\varepsilon - \frac{\bar{\varepsilon}}{2}\right)\right]\right\}}{3(k_1 + 2k_2)}.$$

De exemplu, pentru gresie (Siriu) avem $3K/\eta = -1{,}67 \times 10^{14}$ P; $a_1 = 1\,400$ kgf cm$^{-2}$; $a_2 = 1\,000$ kgf cm$^{-2}$; $b_1 = 15$; $b_2 = -40$, ambele frontiere de stabilizare fiind translatate cu 200 kgf cm$^{-2}$ în direcția $\sigma_1$ pozitiv.

Studiind modul cum se comportă volumul rocilor în timpul unei încercări uniaxiale, sau chiar la triaxial, se pun în evidență două categorii de roci. Cele pentru care volumul în timpul deformării este mai mic decît cel ce s-ar obține la aceeași stare de tensiune dacă roca ar fi perfect elastică se numesc *compresibile neliniar*. Dacă volumul rocii este însă mai mare decît cel ce s-ar obține conform legii lui Hooke, roca este considerată *dilatantă* (fig. 3). Cu alte cuvinte, dacă se examinează rezultatele experimentale obținute în experiențe

uniaxiale, criteriul care stabileşte dacă roca este compresibilă sau dilatantă este:

$$\varepsilon_v - \frac{\sigma_1}{3K} > 0 \quad \text{rocă compresibilă neliniar}$$

$$\varepsilon_v - \frac{\sigma_1}{3K} = 0 \quad \text{roca elastică} \qquad (10)$$

$$\varepsilon_v = \frac{\sigma_1}{3K} < 0 \quad \text{roca dilatantă.}$$

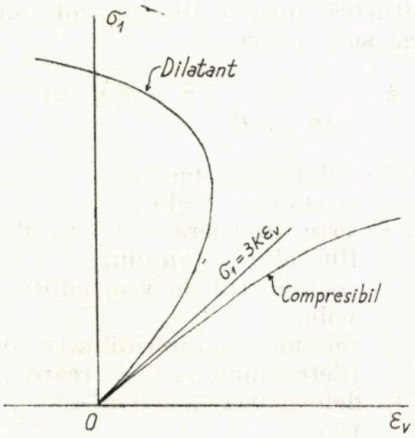



Fig. 3. Domeniile de stabilitate a rocilor

Aceste proprietăţi ale volumului rocilor sînt puse în evidenţă, de obicei, în încercări standard, făcute cu o maşină universală de încercat. Ceea ce decide care este comportarea volumului rocii pare să fie porozitatea sa. Conform lui Brace [9], dacă porozitatea rocii este mai mare de 0,05, roca este compresibilă, iar în caz contrar este dilatantă. Se pare totuşi că această cifră este de fapt ceva mai mare: gresia (Siriu) are porozitatea $6 \div 7\,\%$, iar cea de la Bucureşci — Rovina $n = 3{,}9 \div 4{,}8\,\%$; ambele sînt dilatante. Dilatanţa gresiei de la Siriu este reprezentată în figura 2.

Este remarcabil că prin experienţe de fluaj se pun în evidenţă, de asemenea, proprietăţi de compresibilitate sau dilatanţă. În primul caz coeficientul de viscozitate pentru fluajul volumului este pozitiv: în timpul fluajului volumului, volumul scade. În al doilea caz, situaţia este mult mai complexă. În timpul fluajului, de cele mai multe ori, coeficientul de viscozitate pentru volum este negativ, adică volumul creşte în timpul fluajului. Totuşi o examinare mai atentă arată că [8; 10] la începutul procesului de fluaj acest coeficient este negativ, dar coeficientul de viscozitate este de fapt variabil şi creşte în timpul acestui proces, putînd deveni la un moment dat chiar pozitiv. S-a arătat, de asemenea, că în timpul fluajului deformaţia de volum este oscilantă, în sensul că volumul întîi creşte şi apoi scade, înainte de a se opri la valoarea stabilă finală. În acest caz compresibilitatea şi dilatanţa se succed în timpul fenomenului de fluaj. Dacă valoarea finală a deformaţiei de volum satisface totuşi criteriul trei din relaţia (10), zicem că roca este dilatantă. Prin urmare, proprietăţile de dilatanţă şi compresibilitate neliniară se pot pune în evidenţă şi în experienţele de fluaj. Ele sînt de mare importanţă, ştiut fiind că apariţia dilatanţei prevesteşte imanenţa ruperii, alunecării taluzurilor, producerii cutremurelor etc.

## Concluzii

Se poate deci trage concluzia că din experienţe uniaxiale de fluaj, dacă este măsurată, atît deformaţia longitudinală, cît şi cea transversală, se obţin destule elemente de natură experimentală care să permită formularea matematică a unui model, adică a ecuaţiei constitutive pentru fluajul rocilor. Aceste ecuaţii constitutive se pot apoi utiliza în proiectare cu condiţia ca starea de tensiune să nu fie fundamental diferită de cea uniaxială. Deoarece, în majoritatea aplicaţiilor, stările de tensiune sînt triaxiale, sînt necesare şi experienţe făcute la triaxial, care să permită extinderea modelului găsit şi pentru aceste stări de tensiune. Este esenţial de menţionat că principalele proprietăţi reologice ale unei roci pot fi puse în evidenţă prin experienţe uniaxiale, generalizarea pentru cazul triaxial făcîndu-se relativ uşor.

Toate datele experimentale menţionate în lucrare au fost obţinute în laboratorul ICITPLCIM — Deva, secţia 2 Bucureşti.

### Bibliografie

[1] Fotă, D. ş.a. *Fluajul rocilor.* Geologie inginerească, vol. II. Ed. tehnică, Bucureşti, 1981.

[2] Lama, R. D., Vutukuri, V. S. *Handbook on Mechanical Properties of Rocks,* vol. III. Trans Tech Publ., 1978

[3] Kartaşov, I. M. *Uskorennie metodi opredelenia reologhiceskih svoistv gornih porod.* Nedra, 1973.

[4] Nicolae, M. *Proprietăţi reologice ale rocilor.* Lucrare de diplomă, Universitatea Bucureşti, 1981.

[5] Cristescu, N., Suliciu, I. *Viscoplasticitate.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1976.

[6] Cristescu, N. *A viscoplastic constitutive equation for rocks, INCREST,* Preprint series in mathematics, nr. 49, 1979.

[7] Cristescu, N. *Curs de mecanica rocilor.* Bucureşti, 1981.

[8] Cristescu, N. *Rock dilatancy in uniaxial tests* (sub tipar).

[9] Brace, W. F. *Volume Changes During Fracture and Frictional Sliding.* A Review. Pageoph., **116**, 603—614, 1978.

[10] Cristescu, N. *Compressibility and/or dilatancy of rocks.* Analele Universităţii din Iaşi (sub tipar).

# Aspecte privind implementarea automatelor programabile pentru conducerea proceselor tehnologice din instalaţiile de preparare şi de brichetare a cărbunelui

Ing. W. Balaşkó şi ing. C. Szabó
I.C.P.M.C. Petroşani

## I. Consideraţii generale

Mărirea eficienţei în exploatare a instalaţiilor tehnologice, creşterea operativităţii de coordonare şi îmbunătăţirea condiţiilor de securitate a personalului au constituit cerinţele pe baza cărora au fost puse la punct sistemele de comandă şi control centralizat şi pentru procesele tehnologice din instalaţiile de preparare şi de brichetare a cărbunelui. Primele sisteme de acest gen din ţară au fost realizate pe baza releelor electromagnetice la instalaţiile de preparare de la Lupeni şi Coroeşti, instalaţia de brichetare de la Coroeşti-Vulcan şi instalaţia de brichetare de la Căpeni.

Aceste sisteme, de primă generaţie, se caracterizează printr-un consum propriu ridicat de energie electrică, asigurarea unor funcţii minime, întreţinere şi depanare relativ greoaie, spaţiu mare ce îl ocupă echipamentul, schema electrică extinsă şi rigidă care greu se poate modifica în caz de necesitate. Avantajul constă în faptul că toate funcţiile sînt realizate prin circuite şi elemente fizice, deci întreţinerea şi depanarea lor pot fi asigurate de electricieni calificaţi pentru circuite de comutaţie secundară.

A doua generaţie o constituie sistemele proiectate pentru preparaţiile Petrila şi Livezeni, pe baza echipamentului de comutaţie statică USILOG produs de I.E.A. Bucureşti. Acestea se caracterizează printr-o complexitate ridicată, asigurarea tuturor funcţiilor impuse pentru comanda şi controlul centralizat al utilajelor dintr-un număr mare de grupe tehnologice interblocate la diferite nivele şi trepte de comandă între ele, spaţiu redus ocupat de echipament, însă cu o schemă electrică şi electronică complicată, foarte dificil de modificat ulterior.

Montarea, punerea în funcţiune, întreţinerea şi depanarea necesită personal pregătit şi format special cu cunoştinţe de electronică industrială şi practică în circuite logice.

Avantajul sistemului îl constituie modularitatea sa, prin care se poate asigura o depanare operativă şi executarea reparaţiilor în condiţii de atelier al beneficiarului.

A treia generaţie o constituie sistemele ce se realizează pe baza calculatoarelor de proces şi automate programabile, sisteme ce urmează să fie puse la punct pînă la 1985. Ele vor fi realizate în două variante şi anume o variantă pentru instalaţiile tehnologice dotate cu echipamentele din generaţia I şi/sau a II-a, iar a doua variantă pentru instalaţiile ce vor fi nou proiectate.

Aceste sisteme, pe lîngă funcţiile de comutare şi semnalizare, vor avea şi funcţii de reglări automate, protocolări şi posibilitate de conversaţie dintre operator şi sistem, autosupraveghere şi identificări de defecte, sinteze şi optimizări etc.

Primul sistem din această generaţie a fost proiectat pe baza automatului programabil AP—101 — produsul întreprinderii „Automatica" Bucureşti şi implementat pentru comanda şi controlul centralizat al utilajelor tehnologice din instalaţia de brichetare de la Voivozi.

Prin această aplicaţie s-a urmărit punerea la punct a utilizării tehnicii de realizare a sistemelor de automatizare pentru procese discrete pe baza logicii programate, care să stea la baza dezvoltării sistemelor din generaţia a III-a, urmînd ca acestea să fie, în final, în ierarhie de subordonare cu supervizorul constituit prin calculatorul de proces.

Aceste sisteme se caracterizează printr-o mare compactitate, obţinerea tuturor informaţiilor necesare conducerii operative optimale ale proceselor tehnologice, posibilitatea realizării unor scheme de interconexiuni simple cu instalaţia de automatizare prin reţele de cabluri radiale, autotestarea defecţiunilor, durată redusă pentru montajul instalaţiei, întreţinerea uşoară, fiabilitate ridicată, flexibilitatea faţă de modificări ulterioare. Ca probleme speciale se menţionează necesitatea formării unui personal de întreţinere şi depanare cu înaltă calificare, avînd cunoştinţe de informatică şi de algebră logică, efectuarea reparaţiilor modulelor defecte la furnizorul echipamentului, obligativitatea unei discipline de deservire-severe privind protejarea intrărilor dinspre instalaţiile tehnologice.

Implementarea automatelor programabile — prima etapă în realizarea sistemelor de generaţia a-III-a şi prima aplicaţie de acest gen în ţară — prezintă o serie de noutăţi privind proiectarea, programarea şi racordarea în instalaţia de automatizare, validarea şi îmbunătăţirea programelor, probleme ce sînt prezentate în lucrare pe baza experienţei autorilor în acest domeniu.

## II. Proiectarea sistemului

În programul de automatizare s-a cerut realizarea unui sistem de comandă şi supraveghere

centralizat pentru un flux tehnologic compus din circa 100 de utilaje cu diferite grade de interdependenţă funcţională. Utilajele sînt cuprinse în 19 grupe tehnologice.

Modelul matematic al sistemului conţine peste o sută de variabile de intrare (butoane de comandă, contacte de sesizare a stării utilajelor, diverşi captori bipoziţionali), peste două sute de semnale de ieşire pentru semnalizări centrale şi peste o sută de semnale de ieşire pentru comanda utilajelor şi claxoanelor de avertizare din instalaţii tehnologice, circa trei sute de variabile interne, aproape şase sute de ecuaţii logice care descriu procesul, între elemente fiind determinate relaţii de intercondiţionare cu caracter combinaţional şi secvenţial.

În aceste condiţii tehnica sistemelor cu logica programată constituie una din soluţiile cele mai avantajoase, avîndu-se la dispoziţie, în acest scop, automatul programabil AP —101 de producţie indigenă.

Tehnica logicii programate, apărută în anii şaptezeci şi reprezentată pe plan mondial prin automatele programabile franceze SMA —100, —101, —500; PROCONTIC — a firmei Brown Boveri, PB —6 Merlin Gerin; S —311 Siemens etc., se situează între sistemele clasice (cu relee şi cu comutaţie statică) şi cele cu calculatoare de proces prin faptul că utilizează programe în locul schemelor cablate, folosind astfel principiile şi tehnologiile tehnicii numerice, în vederea realizării, într-o manieră simplă şi de mare flexibilitate, a sistemelor de automatizare pentru procesele discrete.

În conformitate cu programul de automatizare, fazele de proiectare se desfăşoară după organigrama din figura 1. Structurarea sistemului pe două nivele asigură, atît respectarea particularităţilor proprii de comandă şi supraveghere pentru fiecare utilaj în parte (acesta fiind nivelul subordonat), cît şi integrarea funcţională a utilajelor în ansamblul fluxului tehnologic, prin nivelul de control central.

Realizarea documentului-sursă pentru programare, constituit din lista ecuaţiilor logice care descriu procesul, este prezentată în organigrama din figura 2. Sinteza evolutivă a structurilor logice, plecînd de la structuri elementare ale căror rezolvare nu ridică probleme, pînă la configuraţia de ansamblu a sistemului, după care prin testare pe calculator se detectează şi se remediază eventualele vicii, s-a considerat cea mai adecvată metodă pentru aceste cazuri.

Limbajul de programare pentru AP —101, denumit PROLOR (tab. 1), constă dintr-un set de 16 coduri de operaţii care se referă la patru operanzi, cu semnificaţiile date în tabelul 2.

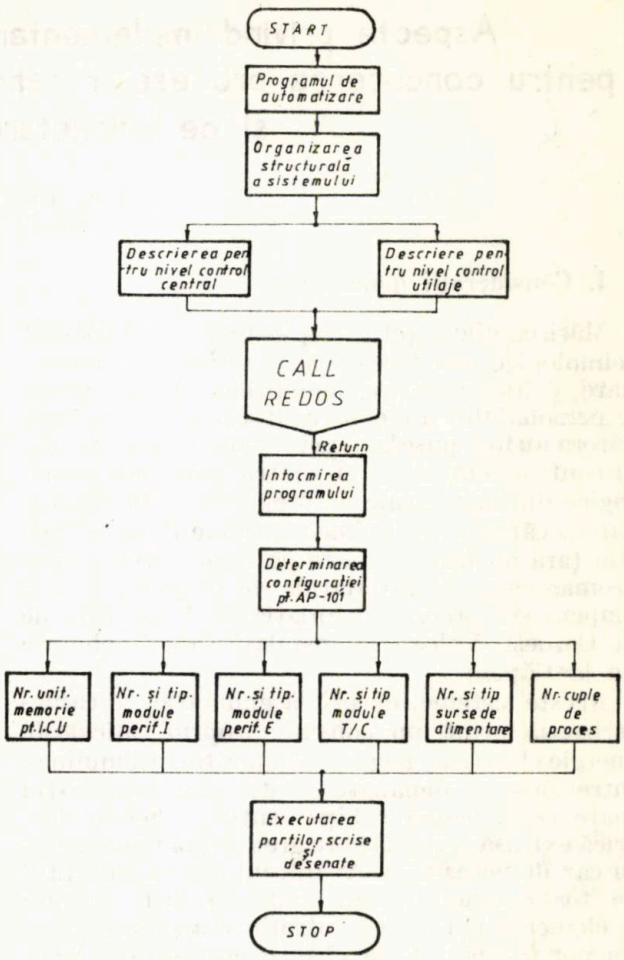



Fig. 1. Organigrama de proiectare a sistemului.

Întocmirea programului constă în transcrierea ecuaţiilor logice în instrucţiuni PROLOR. Întrucît modelul matematic al procesului a fost testat pe calculatorul FELIX C —256, în final se dispune de ecuaţiile logice scrise în FORTRAN, din care, prin intermediul unui translator FORTRAN —PROLOR, ce s-a conceput anume în acest scop, denumit EFORAP, rezultă direct listingul cu programul pentru AP —101. În cazul aplicaţiei date, programul constă din circa treimiişapte sute de instrucţiuni, necesitînd o memorie de program de 4 K cuvinte.

## III. Programarea automatului AP —101

Memoria de program a automatului AP —101 este constituită din unităţi EPROM de cîte 1 K octeţi. Fiecare instrucţiune de program reprezintă cîte un cuvînt a cîte 16 biţi. Prin urmare, pentru capacitatea maximă de 4 K cuvinte s-au folosit 2 ×4 K octeţi unităţi de memorie EPROM.

Din punctul de vedere al structurii, un cuvînt este împărţit în trei zone:

— primii 4 biţi reprezintă codul operaţiei;

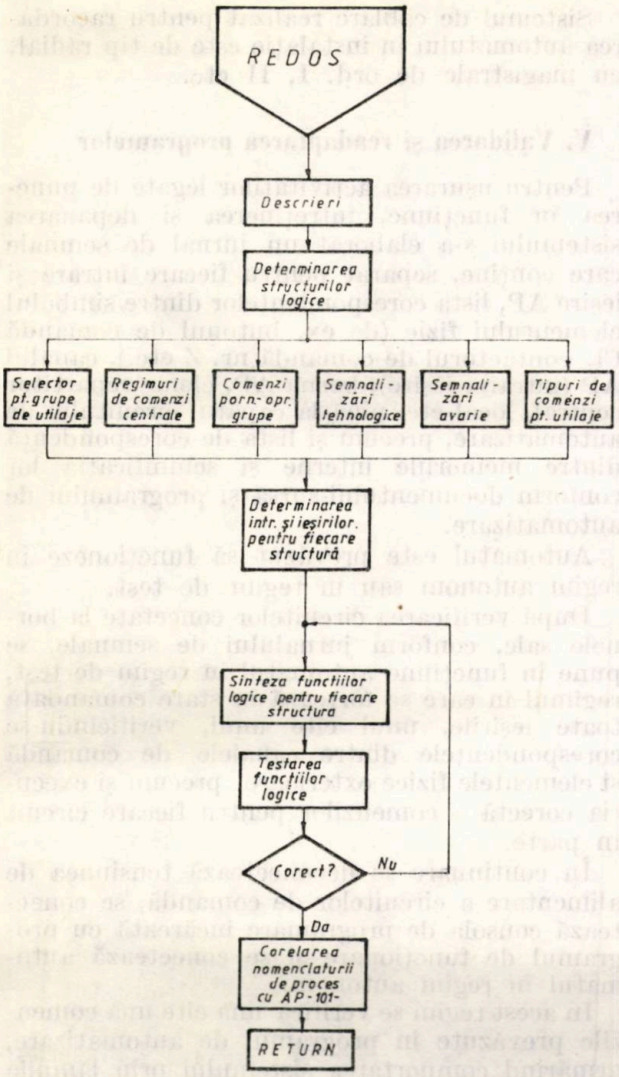



Fig. 2. Organigrama de realizare a documentului-sursă pentru program.

— următorii 3 biți reprezintă tipul operandului;

— ultimii 9 biți reprezintă numărul de adresă.

În cod-mașină fiecare cuvînt constă din 4 caractere, fiecare reprezentînd cîte o cifră hexazecimală.

Înscrierea programului în memoria automatului se efectuează cu ajutorul dispozitivului de programare manual pas cu pas sau automat de pe bandă perforată. Avînd în vedere numărul de instrucțiuni cuprinse în program, este de preferat înscrierea automată.

Prin urmare, s-a completat translatorul EFORAP astfel, încît paralel cu listingul de instrucțiuni PROLOR să rezulte și listingul în cod-mașină, cu posibilitatea ca la cerere să se scoată și pe banda perforată în cod ASCII.

Astfel, de pe banda perforată se înscrie programul în memoria RAM a consolei de programare și cu ajutorul acesteia se încarcă în memoriile

*Tabelul 1*

**Acțiunea codurilor de operație ale limbajului PROLOR**

| Nr. crt. | Cod operație | Cod operand | Modul cum acționează |
|---|---|---|---|
| 0 | LDC | P(m) | $A_0 = (C)\ P\ (m)$ |
| 1 | NOT | | $A_{i+1} = (C)\ A_i$ unde i = = (0, 1, 2...511) |
| 2 | ORC | P(m) | $A_{i+1} = (C)\ P(m) + A_i$ |
| 3 | ANDC | P(m) | $A_{i+1} = (C)\ P(m) \cdot A_i$ |
| 4 | XOR | P(m) | $A_{i+1}$ = exclusiv $P(m) + A_i$ |
| 5 | OR | P(m) | $A_{i+1} = P(m) + A_i$ |
| 6 | AND | P(m) | $A_{i+1} = P(m) \cdot A_i$ |
| 7 | LD | P(m) | $A_0 = P(m)$ |
| 8 | STO | P(m) | $A_i$ transfer la P(m) |
| 9 | STOC | P(m) | (C) $A_i$ transfer la P(m) |
| A | STC | P(m) | Pentru $A_i = 1$, P(m)=1<br>Pentru $A_i = 0$, operația nu se efectuează |
| B | RTC | P(m) | Pentru $A_i = 1$, P(m) = 0<br>Pentru $A_i = 0$, operația nu se efectuează |
| C | JMP | P(m) | Salt la P(m) |
| D | JMPC | P(m) | Dacă $A_i = 1$, salt la P(m)<br>Dacă $A_i = 0$, operația nu se efectuează |
| E | CLR | | $A_i = 0$ |
| F | NOP | | Adresă rezervată, fără operație |

*Obs* A = acumulator; P = operand; m = nr. adresă; C = = complement.

*Tabelul 2*

**Semnificația operanzilor limbajului PROLOR**

| Nr. crt. | Cod operand | Semnificație |
|---|---|---|
| 0 | I | Intrare; mărime binară |
| 1 | M | Variabilă internă; memorie operativă RAM |
| 2 | T | Temporizare; reglabilă prin hardware |
| 3 | E | Ieșire; mărime binară. |

EPROM ale automatului, cu care se încheie operația de programare.

În cazul aplicațiilor simple și cunoscute în detalii, după această fază se poate trece direct la punerea în funcțiune și exploatarea sistemu-

lui. În majoritatea cazurilor însă sînt necesare încă o serie de operaţii, prin care se verifică corecta funcţionare a automatului cu programul realizat, respectiv se fac corelările necesare dintre program şi cerinţele de exploatare a instalaţiilor tehnologice. Aceste operaţii încep practic de la punerea în funcţiune a automatului şi se încheie cu ultimele readaptări ale programului, după punerea la punct, în detalii, a procesului tehnologic.

## IV. Conectarea automatului în instalaţia de automatizare

Automatul programabil este conectat în instalaţia de automatizare prin trei feluri de legături:

- intrările se conectează pe cîte o bornă de intrare, avînd curentul de control de circa 32 mA şi 24 V c.c. din sursa internă a AP —101, acesta injectîndu-se pentru fiecare element de intrare prin cîte un fir comun pentru fiecare zonă a reţelei de automatizare (sortare-sfărîmare, cameră de comandă etc.);
- ieşirile pentru lămpile de semnalizare, dispuse pe panoul sinoptic şi pupitrul de comandă, se conectează fiecare pe cîte o bornă de ieşire de semnalizare. Tensiunea de 24 V c.a. pentru lămpile de 15 VA se asigură printr-un transformator 220/24 V din exteriorul automatului;
- ieşirile pentru comanda contactoarelor de forţă a utilajelor se conectează fiecare pe cîte o bornă de comandă a automatului, tensiunea de 220 V asigurîndu-se central prin camera de comandă cu nulul la fiecare zonă a instalaţiei.

Atît intrările cît şi ieşirile sînt separate galvanic prin optroane şi semnalizate optic prin cîte un led pe panoul frontal al modulelor automatului.

Pentru cazuri de avarie, tensiunile ieşirilor de comandă şi de semnalizare se pot deconecta prin cîte un buton de avarie, montat pe pupitrul de comandă al instalaţiei.

Intrările de comandă constituie cele 15 butoane şi un comutator tripoziţional amplasate tot pe pupitrul de comandă.

Prin butoane se formează grupele de utilaje, se autorizează pornirea sau oprirea lor, se anulează sau se prelungeşte o comandă anterioară, se pornesc utilajele pas cu pas sau automat, se emit semnalizări pentru zonele instalaţiei tehnologice, se verifică lămpile de semnalizare. Prin comutator se alege felul comenzii: „automat" sau „pas cu pas", respectiv blocarea oricărei comenzi.

Ieşirile de comandă pentru lămpile de semnalizare sînt realizate prin contacte magnetice, iar ieşirile de comandă pentru contactoarele de forţă sînt executate cu triace.

Sistemul de cablare realizat pentru racordarea automatului în instalaţie este de tip radial, cu magistrale de ord. I, II etc.

## V. Validarea şi readaptarea programelor

Pentru uşurarea activităţilor legate de punerea în funcţiune, întreţinerea şi depanarea sistemului s-a elaborat un jurnal de semnale care conţine, separat pentru fiecare intrare şi ieşire AP, lista corespondenţelor dintre simbolul elementului fizic (de ex. butonul de comandă C1, contactorul de comandă nr. Z etc.), canalul AP (intrare, ieşire), borna AP, cleme repartitor central, local etc. pînă la capătul circuitului de automatizare, precum şi lista de corespondenţă dintre memoriile interne şi semnificaţia lor conform documentului-sursă şi programului de automatizare.

Automatul este prevăzut să funcţioneze în regim autonom sau în regim de test.

După verificarea circuitelor conectate la bornele sale, conform jurnalului de semnale, se pune în funcţiune automatul în regim de test, regimul în care se forţează în stare comandată toate ieşirile, unul cîte unul, verificîndu-se corespondenţele dintre canalele de comandă şi elementele fizice exterioare, precum şi execuţia corectă a comenzilor pentru fiecare circuit în parte.

În continuare se deconectează tensiunea de alimentare a circuitelor de comandă, se conectează consola de programare încărcată cu programul de funcţionare şi se conectează automatul în regim autonom.

În acest regim se verifică una cîte una comenzile prevăzute în programul de automatizare, urmărind comportarea sistemului prin lămpile de semnalizare de pe pupitru, panoul sinoptic şi ledurile de pe frontalul modulelor AP. Se face o evidenţă cu abaterile de la program cu indicarea comportării, pe baza căruia se reanalizează instrucţiunile respective din program şi se întocmeşte o listă cu corecturile necesare.

Corecturile pot fi de trei feluri:

- înlocuire, cînd o instrucţiune trebuie să fie înlocuită cu una nouă;
- inserţie, cînd este necesară includerea unei instrucţiuni noi între două instrucţiuni existente;
- ştergere, cînd o instrucţiune trebuie ştearsă.

Prima încercare de funcţionare autonomă se efectuează cu programul preluat de pe banda perforată pe memoria RAM a consolei de programare.

După efectuarea încercării şi testarea pînă la capăt a comenzilor se operează corecturile în program, prin consolă, instrucţiune cu instrucţiune, după care se testează din nou toate comenzile.

După ce programul este în ordine, acesta se preia din memoria RAM a consolei și se arde în memoriile EPROM ale automatului.

În continuare se testează, prin sondaj, execuția comenzilor, se deconectează consola de programare și se pun sub tensiune circuitele de comandă. Se verifică, pe viu, execuția tuturor comenzilor, operație cu care validarea programului se consideră încheiată.

Toate aceste operații, față de lucrările de punere în funcțiune ale unui sistem cu funcții și dimensiuni similare realizat cu relee, reprezintă circa 10 % ca durată de timp și dificultate tehnică și circa 1 % față de sisteme realizate pe baza elementelor de comutație statică USILOG. Dacă se ține cont că aceste operații trebuie efectuate tocmai cînd instalația tehnologică este terminată și se așteaptă punerea în funcțiune a automatizărilor, rezultă, numai din acesta, un avantaj net față de sistemele clasice.

Pe parcursul exploatării instalației, din motive tehnologice, poate să devină necesară operarea unor modificări în programul automatului.

Readaptarea la necesitățile impuse de procesele tehnologice conduse constă în efectuarea corecturilor în program, scoaterea pe bandă perforată a părții de program în care se efectuează corectura, înscrierea acesteia în memorii EPROM de rezervă și înlocuirea unităților de memorie vechi din automat cu cele noi, prin care readaptarea se consideră efectuată fără nici o modificare în conexiunile fizice ale sistemului.

Dacă, din anumite motive, se consideră necesar, se poate schimba total programul într-un interval minim și fără probleme tehnice deosebite. O unitate de memorie EPROM, în funcție de furnizor, se poate reprograma de maximum 15 ori, ele fiind totodată indestructibile la căderea tensiunii de alimentare.

## VI. Factorii de influență pentru funcționarea sistemului

Funcționarea corespunzătoare a automatizărilor depinde, în esență, de trei factori de bază :

— execuția de calitate a aparatajului și a instalației în ansamblu (fezabilitate și fiabilitate) ;

— funcționarea corespunzătoare a instalației tehnologice ;

— buna pregătire a personalului de exploatare și de întreținere a automatizărilor.

Dacă avem în vedere că asigurarea primei condiții intră în sarcina furnizorului și a întreprinderii de montaj, iar cea de-a doua condiție intră în sarcina tehnologilor, în colaborare cu constructorii instalației și utilajelor, rezultă că funcționarea corespunzătoare a sistemului de automatizare depinde numai de calitatea pregătirii personalului de deservire.

Dacă această ultimă condiție nu este asigurată, menținerea în funcțiune a automatizărilor în loc să se simtă ca o necesitate, pentru exploatare eficientă, devine o povară în plus, la care mai repede sau mai tîrziu se renunță.

La fel se pun problemele și dacă condiția a III-a este asigurată însă aparatajul este de slabă calitate.

Din experiența cîștigată în acest domeniu rezultă că, în perioada probelor tehnologice, primii doi factori de obicei se corectează, însă condiția de pregătire de personal rămîne în continuare o cerință insuficient rezolvată în majoritatea cazurilor. Acesta se datorește, în primul rînd, faptului că în industria carboniferă din România automatizarea este o problemă relativ nouă ca practică industrială, neavînd condiții de utilitate decît pe baza dezvoltării corespunzătoare a nivelului de mecanizare, precum și dezvoltarea însăși a mijloacelor de automatizare.

Condițiile tehnico-materiale fiind create, considerentele economice și de securitate ale personalului fac ca sisteme de automatizări tehnologice complexe să fie implementate în viitorul apropiat într-un număr tot mai mare și pentru industria noastră carboniferă. Prin urmare, se pune problema stabilirii celor mai corespunzătoare forme de pregătire a personalului și pentru acest domeniu, ca una din condițiile de reușită a acțiunii.

### Bibliografie


[1] Kleim, D., Remp, V. *La structure du systeme de comande programable BBC Procontic*. Revista B.B.C. 631976(5).

[2] Balaşkó, W., Szabo, C., Szilveszter, A. *Sistemul de automatizare cu logica programată și proiectarea sa asistată de calculator*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 3, 1980.

[3] Balaşkó, W. Concepția *sistemelor de automatizare bazate pe tehnica logicii programate pentru fluxuri tehnologice specifice industriei carbonifere*. Al VI-lea Simpozion de informatică și conducere, Cluj-Napoca, 1980.

[4] * * * *AP—101 automat programabil*. Manual de utilizare — Automatica, București, 1979.

# Procedeu hidroelectrometalurgic de prelucrare a zgurelor antimonioase

Ing. I. Costea, chim. Victoria Cobîrzan, ing. Gh. Dobra şi ing. O. Martin
I.C.P.M.N. Baia Mare

## Introducere

Pe plan mondial, în producţia de antimoniu ponderea mare o constituie, pînă în prezent, metalul obţinut din minereuri şi concentrate (antimoniu primar).

Odată cu creşterea consumului de antimoniu, ca urmare a lărgirii domeniilor sale de utilizare, un interes crescînd îl prezintă recuperarea antimoniului din diferite produse intermediare — rezultate la prelucrarea unor minereuri cu conţinut de antimoniu — sau din deşeu de aliaje cu antimoniu.

Avînd în vedere faptul că ţara noastră nu dispune de minereuri de antimoniu, singura sursă o constituie produsele intermediare rezultate la prelucrarea concentratelor plumboase.

La prelucrarea concentratelor plumboase, antimoniu se acumulează în plumbul brut, de unde este separat la faza de rafinare electrolitică a plumbului sub formă de nămol anodic.

Prelucrînd termic nămolurile anodice rezultate la rafinarea electrolitică a plumbului, antimoniu se concentrează în zguri şi prafuri volatile.

Compoziţia chimică a zgurelor antimonioase este: 20—40% Sb; 15—20% $Na_2O$; 5—15% Pb; 0,01—0,2% Bi; 1—6 % As; 0,9—2% Zn; 0,3—0,7% Cu; 5—12% Fe; 8—12% $SiO_2$ şi conţinut variabil de metale preţioase.

S-au studiat posibilităţile de valorificare a antimoniului şi a celorlalte metale conţinute în zguri, stabilindu-se, în final, un procedeu hidroelectrometalurgic [2; 3] care constă din (fig. 1):

— solubilizarea antimoniului din zgură în soluţie de sulfură de sodiu;

— valorificarea antimoniului din soluţiile de sulfosăruri de antimoniu sub formă de antimoniu catodic prin electroliză;

— prelucrarea nămolului plumbos rezultat după separarea antimoniului, prin procedee pirometalurgice, în vederea valorificării elementelor utile (Pb, Cu, Bi, Au, Ag).

## Solubilizarea antimoniului din zgură antimonioasă

În timpul procesului de leşiere a zgurei cu sulfură de sodiu, compuşii antimoniului şi ai altor metale se comportă în mod deosebit.

Unii compuşi se dizolvă şi trec în soluţie (Sb, As, $Na_2O$), alţii formează compuşi insolubili şi se precipită (Pb, Bi, Cu etc), iar alţii nu reacţionează şi constituie reziduul solid.

Compuşii oxidici ai antimoniului — trioxidul de antimoniu propriu-zis —se leşiază cu sulfură de sodiu după reacţia:

$$Sb_2O_3 + 3Na_2S = Na_3SbS_3 + Na_3SbO_3$$

(în mod asemănător se comportă compuşii arsenului).

Reacţia de dizolvare începe la temperatura de 50—60°C şi se desfăşoară cu viteză mare la peste 95°C şi în exces de sulfură de sodiu. Pentaoxidul de antimoniu, ca şi ceilalţi compuşi ai $Sb^{5+}$, se dizolvă în $Na_2S$ şi NaOH, numai la o temperatură de peste 120°C.

Oxizii celorlalte metale, prezente în cantităţi mai mici, sînt sulfuraţi de către sulfura de sodiu cu formare de hidroxid de sodiu şi sulfurile respective care, fiind însă insolubile, rămîn în reziduu.

$$PbO + Na_2S + H_2O = PbS + 2NaOH$$

$$CuO + Na_2S + H_2O = CuS + 2NaOH$$

$$ZnO + Na_2S + H_2O = ZnS + 2NaOH$$

$$Bi_2O_3 + 3Na_2S + 3H_2O = Bi_2S_3 + 6NaOH$$

Solubilizarea se face în reactoare prevăzute cu agitator şi manta de încălzire cu abur [6], în trei trepte succesive:

- o leşiere primară cu o soluţie de 100—120 g/l $Na_2S$ (sau cu electrolit epuizat rezultat la electroliză) la un raport L : S = 6 : 1—7 : 1, timp de 2 ore şi temperatură de 95—100°C;
- o leşiere secundară cu soluţie de sulfură de sodiu de 80—100 g/l $Na_2S$ la temperatura de 85—100°C, timp de 1 oră;
- spălarea finală a reziduului rămas la leşiere; spălarea se face cu apă, la temperatura de 95—100°C, în vederea eliminării compuşilor solubili de antimoniu.

De la faza de leşiere se obţin soluţii care conţin 40—70 g/l Sb şi 90—120 g/l $Na_2S$. Aceste soluţii se folosesc pentru obţinerea antimoniului şi a sărurilor de antimoniu (antimoniat de sodiu şi sulfură de antimoniu).

Randamentul de solubilizare a stibiului din zgure este de 92—93%.

Nămolul rezultat la leşiere conţine 2—4% Sb; 0,2—1% As; 18—27% Pb; 0,3—0,5% Cu; 7—10% Fe; 3—4% Zn şi conţinut variabil de metale preţioase.

Prin topire alcalin-reducătoare, se obține plumbul brut la un randament de extracție metalurgică de circa 90% plumb, care colectează metalele prețioase, Bi, Sb, ce se valorifică din nămolul anodic rezultat la rafinarea electrolitică a Pb brut decuprat.

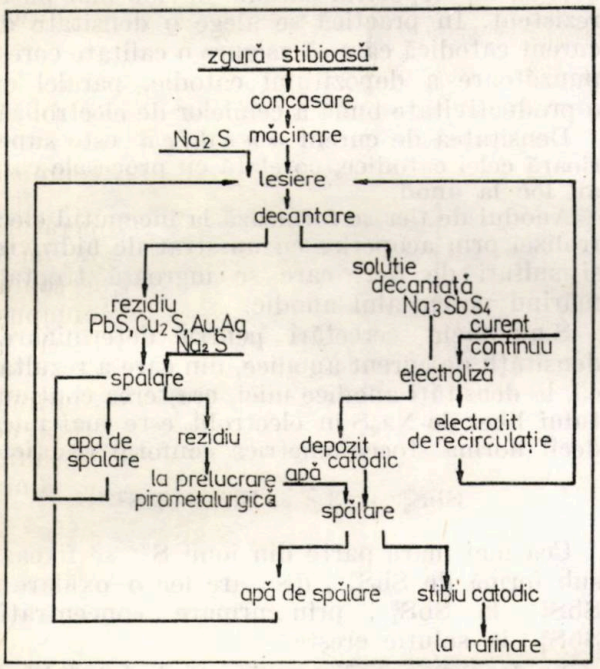



Fig. 1. Schema fluxului tehnologic de obținere a stibiului din zgura stibioasă și prafuri volatile stibioase (procedeu I.C.P.M.N. Baia Mare).

**Electroliza soluțiilor de sulfosăruri de antimoniu**

Antimoniul dizolvat în soluție este recuperat prin depunere electrolitică, utilizînd electrozi insolubili.

Schematic, procesul de depunere electrolitică a antimoniului din soluția alcalină de sulfantimonit de sodiu poate fi reprezentat prin reacția :

$$2Na_3SbS_3 + 6NaOH = 2Sb + 6Na_2S + 3H_2O + 3/2\ O_2$$

Hidroxidul de sodiu necesar în procesul de electroliză se obține în soluție la faza de lesiere, prin dizolvarea $Na_2O$ existent în zgură, recuperîndu-se astfel și acest component.

*La catod*, în timpul electrolizei, este posibilă desfășurarea a două procese de bază [4] :

— descărcarea ionilor de antimoniu cu formare de antimoniu metalic care se depune pe catod :

$$Sb^{3+} + 3\,\bar{e} \rightarrow 3\ Sb,$$

— descărcarea ionilor de hidrogen cu degajare de hidrogen gazos :

$$2H^+ + \bar{e} \rightarrow H_2$$

În mod practic, asigurîndu-se în electrolit o concentrație mare a ionilor de antimoniu în condiții corespunzătoare pentru regimul de electroliză are loc, în special, depunerea catodică a antimoniului.

După unii autori, în timpul electrolizei, înainte de depunerea antimoniului, are loc electroliza apei sau a hidroxidului de sodiu cu separare de hidrogen și oxigen, la catod procesul electrochimic primar constînd din degajare de hidrogen, iar antimoniul metalic se formează în urma reducerii sulfosării de antimoniu cu hidrogen în momentul separării lui pe catod.

Depunerea antimoniului se desfășoară în modul următor :

— disociere în soluție apoasă :

$$Na_3SbS_3 \rightleftarrows 3\ Na^+ + SbS_3^{3-}$$

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

— electroliză :

la catod : $H^+ + \bar{e} \rightarrow H$

la anod : $OH^- - \bar{e} \rightarrow OH$

— în soluție :

$$4\ OH \rightarrow 2\ H_2O + O_2$$

Hidrogenul atomic, care se separă la catod, reduce antimoniul din soluția de sulfantimonit cu formare de hidrosulfură de sodiu care reacționează cu oxigenul atomic :

$$Na_2SbS_3 + 3\ H = Sb + 3\ NaHS$$

$$4\ NaHS + O_2 = H_2O + 2\ Na_2S_2$$

la anod :

$$2\ OH^- - 2\,\bar{e} \rightarrow H_2O + 1/2\ O_2$$

$$S^{2-} - 2\,\bar{e} \rightarrow S$$

Sulful format reacționează cu sulfura de sodiu după reacția :

$$Na_2S + S = Na_2S_2$$

Bisulfura de sodiu poate fi oxidată de oxigenul atomic pînă la tiosulfat :

$$Na_2S_2 + 3/2\ O = Na_2S_2O_3$$

Bisulfura și tiosulfatul de sodiu formate dizolvă antimoniul depus la catod, trecîndu-l în soluție, după următoarea reacție :

$$2\ Sb + 3\ Na_2S_2 = 2\ Na_3SbS_3$$

$$2\ Sb + 3Na_2S_2O_3 + 3Na_2S = 2Na_3SbS_3 + 3Na_2SO_3$$

Aceste reacţii sînt dăunătoare procesului de electroliză, micşorînd randamentul de curent.

Studiind procesele de electrod la electroliza soluţiilor de sulfantimonit de sodiu şi comparînd curbele de polarizare ale catodului de antimoniu în electroliţi de diferite compoziţii, unii autori consideră că în soluţii cu compoziţii complexe este probabilă următoarea succesiune a reducerii :

$$SbS_3^{3-};\ S_2O_3^{2-};\ S_x^{2-};\ H^+.$$

Factorii care influenţează în mod deosebit procesul de electroliză sînt :

— compoziţia chimică a electrolitului ;
— conductibilitatea electrolitului ;
— temperatura ;
— densitatea de curent ;
— gradul de acumulare a impurităţilor în electrolit ;
— viteza de circulaţie a electrolitului în celule.

Experimental s-a studiat influenţa acestor parametri asupra randamentului de curent şi a calităţii depunerii catodice.

**a.** *Compoziţia chimică a electrolitului*

Pentru electroliză s-au utilizat soluţiile obţinute prin leşierea zgurelor antimonioase cu soluţii de sulfură de sodiu, avînd compoziţia chimică 40—60 g/l Sb, 80—100 g/l $Na_2S$; 40—80 g/l NaOH.

Odată cu depunerea antimoniului la catod, concentraţia acestuia în soluţie scade. Electroliza unor soluţii sărace în antimoniu conduce la obţinerea unor randamente scăzute de curent, datorită unor reacţii secundare care au loc.

Din aceste considerente nu este indicat ca electroliza să fie condusă pînă la epuizarea antimoniului. Electrolitul cu un conţinut de circa 20 g/l Sb este îmbogăţit prin introducere la leşiere a unei noi cantităţi de zgură antimonioasă.

În ceea ce priveşte conţinutul de sulfură de sodiu din electrolit, este indicat ca acesta să nu depăşească 90—100 g/l, o concentraţie mai mare favorizînd apariţia unor cantităţi mai mari de produşi de oxidare ($Na_2S_x$ ; $Na_2S_2O_3$) nedoriţi.

**b.** *Temperatura*

Creşterea temperaturii favorizează procesul de electroliză, respectiv randamentul de curent datorită :

- micşorării tensiunii pe celulă ;
- creşterii conductibilităţii electrolitului ;
- depozitul catodic devine mai compact.

În practică, s-a lucrat cu temperaturi de 35—45°C. Menţinerea temperaturii la aceste valori nu a necesitat o încălzire specială datorită efectului Joule.

**c.** *Densitatea de curent*

Densitatea de curent *c a t o d i c ă* între 50 şi 1 000 A/m² influenţează puţin asupra randamentului de curent. Cercetările efectuate au demonstrat că în limitele creşterii densităţii de curent catodice, de la 50 la 1 000 A/m², randamentul de curent scade monoton de la 96,7—86,1%, iar depozitul catodic devine mai puţin rezistent. În practică se alege o densitate de curent catodică care să asigure o calitate corespunzătoare a depozitului catodic, paralel cu o productivitate bună a celulelor de electroliză.

Densitatea de curent *a n o d i c ă* este superioară celei catodice, corelată cu procesele care au loc la anod.

Anodul de fier se formează la începutul electrolizei prin acoperire cu un strat de hidroxizi şi sulfuri de fier, care se îngroaşă treptat, mărind potenţialul anodic.

S-au făcut cercetări pentru determinarea densităţii de curent anodice, din care a rezultat că, la densităţi anodice mici, creşterea conţinutului liber de $Na_2S$ în electrolit este mai mică decît norma stoechiometrică conform reacţiei :

$$SbS_3^{3-} + 3\,\bar{e} = Sb^0 + 3\,S^{2-}$$

Cea mai mare parte din ionii $S^{2-}$ se fixează sub formă de $SbS_4^{3-}$, deci are loc o oxidare a $SbS_3^{3-}$ la $SbS_4^{3-}$, prin urmare concentraţia $SbS_4^{3-}$ în soluţie creşte.

La densităţi anodice mai mari de 1 000 A/m², concentraţia $SbS_4^{3-}$ scade.

Degajarea oxigenului la anod, la densităţi mari de curent, indică un consum considerabil de alcalii. Practica a demonstrat că electroliza se desfăşoară în bune condiţii pentru o densitate anodică pînă la 1 500 A/m². Odată cu creşterea densităţii curentului la anod, creşte potenţialul anodic şi, implicit, scade tensiunea pe celulă.

**d.** *Influenţa impurităţilor din electrolit asupra randamentului de curent şi calităţii depunerii*

Aşa cum s-a mai amintit în capitolele anterioare, în timpul electrolizei, pe lîngă procesul electrochimic de bază, au loc reacţii secundare, care generează o serie de compuşi chimici şi care, treptat, acumulîndu-se în electrolit, îngreuează procesul de electroliză, micşorînd randamentul de curent.

S-a studiat influenţa cîtorva compuşi (NaOH, $Na_2S$, $Na_2SO_3$, $Na_2SO_4$, $Na_2S_2O_3$) asupra randamentului de curent. Rezultatele obţinute arată că unii componenţi cum sînt $Na_2S$, $Na_2SO_3$ şi $Na_2SO_4$, care sînt prezenţi în electrolit, au o influenţă relativ mică asupra randamentului de curent. O oarecare scădere a randamentului de curent cu creşterea concentraţiei acestor compuşi în electrolit este probabil legată de creşterea tăriei ionice a soluţiei şi cu micşorarea corespunzătoare a activităţii ionului $SbS_3^{3-}$.

Tiosulfatul de sodiu se formează în timpul electrolizei, atît ca urmare a proceselor anodice care au loc, cît și datorită acțiunii oxigenului din aer asupra ionilor de $S^{2-}$.

Pentru ridicarea randamentului de curent, în unele instalații se utilizează diafragme pentru separarea spațiului anodic și a celui catodic, precum și circulații separate anod-catod. În acest mod se obțin randamente de curent mai mari, 80—90%, (față de 50—60% în celulă fără diafragmă), dar crește tensiunea pe celulă și se complică instalația. Nici în acest caz nu se exclude necesitatea regenerării electrolitului și scoaterea periodică a unei părți din electrolit pentru purificare.

**Procedee de intensificare a procesului de electroliză**

În condițiile industriale, la separarea electrolitică a antimoniului din soluțiile de tioantimonit de sodiu, se obțin randamente de curent scăzute pentru antimoniu (50—60%). Randamentul de curent scade în continuare odată cu scăderea concentrației de antimoniu și creșterea conținutului de săruri de balast (de exemplu creșterea conținutului de tiosulfat de sodiu).

O măsură esențială de îmbunătățire și intensificare a electrolizei soluțiilor alcalino-sulfuroase de antimoniu este reducerea electrolitului. Acest lucru determină o creștere a randamentului de curent.

Un procedeu de reducere constă în tratarea cu antimoniu metalic a electrolitului.

Procesul de reducere a tioantimoniatului ($Na_3SbS_4$) și a tiosulfatului ($Na_2S_2O_3$) are loc conform reacției :

$$3\ Na_3SbS_4 + 2\ Sb + 3\ Na_2S = 5\ Na_3SbS_3$$

$$\Delta H_T = -79{,}5\ \text{Kcal.}$$

$$3\ Na_2S_2O_3 + 2\ Sb + 3\ Na_2S = 2\ Na_3SbS_3 + 3\ Na_2SO_3$$

$$3\ Na_2S_2 + 2\ Sb = 2\ Na_3SbS_3$$

$$\Delta H_T = -34{,}7\ \text{Kcal.}$$

Conform datelor termodinamice și rezultatelor încercărilor tehnologice [5], în primul rînd se reduc anionii pentavalenți ai Sb apoi ai $Na_2S_2O_3$.

Procesul de reducere se consideră terminat cînd concentrația tiosulfatului ajunge la 5—10 g/l $Na_2S_2O_3$, care nu deranjează desfășurarea procesului de electroliză.

Pentru creșterea randamentelor de curent, s-au propus o serie de procedee de înlăturare a sărurilor de balast :

- tratarea electrolitului cu soluția de sulfură și hidroxid de bariu ;

$$S_2O_3^{2-} + BaS = BaS_2O_3 + S^{2-}$$

$$S_2O_3^{2-} + Ba(OH)_2 = BaS_2O_3 + OH^-$$

(compusul $BaS_2O_3$ este greu solubil și se poate separa din soluție) ;

- regenerarea prin tratare cu săruri de fier ;
- tratarea electrolitului cu clor gazos etc.

Randamente de curent mai mari (80—90%) se pot obține utilizînd celule cu diafragmă.

Trebuie menționat faptul că, folosirea metodei de electroliză cu diagramă prezintă unele greutăți și neajunsuri în exploatare și nu exclude regenerarea periodică a electrolitului.

În scopul ridicării randamentului de curent, respectiv reducerea gradului de oxidare a electrolitului, s-au experimentat o serie de adaosuri, în scopul reducerii electrolitului și evitării formării sărurilor de balast.

Astfel, s-au folosit hidrochinonă, xilină, sulfură de hidrazină, glicerină, pilitură de fontă etc.

Adaosul de glicerină are influență pozitivă asupra randamentului de curent.

În mod practic, nu s-a observat o acumulare a $Na_2S_2O_3$ în electrolit, chiar după o perioadă mai mare de experimentări. Presupunem că faptul se datorește reducerii tiosulfatului la faza de leșiere cu antimoniu metalic existent în zgură, în prezența sulfurii de sodiu.

Practic, instalația de electroliză este compusă din celule de electroliză, legate în serie, alimentate cu curent continuu de la un redresor cu siliciu. Celulele sînt prevăzute cu catozi și anozi din tablă de fier, așezați la distanță de 50 mm (A—C).

Alimentarea cu electrolit a celulelor se face dintr-un rezervor tampon, prin cădere liberă. Celulele sînt alimentate la partea de jos a acestora, pe direcția perpendiculară pe electrozi, iar leșierea electrolitului din celulă se face printr-un preaplin amplasat în partea opusă a celulei.

Temperatura electrolitului în timpul electrolizei este de 33—35°C (temperatură obținută în urma procesului de electroliză).

Densitatea de curent utilizată este de 250—500 A/m², la catod și 750—1500 A/m², la anod.

Se obține un antimoniu tehnic de 99—99,7% Sb și 0,3—1,0% suma celorlalte impurități. O parte din impurități (As etc), se elimină la faza de topire a stibiului catodic pentru turnare în lingouri.

Randamentul de curent este de 65—70%, iar consumul de energie electrică pe tona de stibiu catodic de circa 3 500 kWh.

În urma depunerii antimoniului la catod, concentrația acestuia în electrolit scade. O scădere prea accentuată a concentrației de Sb în soluție (sub 20 g/l Sb) atrage după sine scăderea randamentului de curent, respectiv consumuri ridicate de energie electrică.

Pentru a evita aceste neajunsuri, o parte din electrolit se scoate periodic din circulație și este îmbogățit în stibiu, printr-o nouă leșiere de zgură antimonioasă.

Din soluțiile obținute în urma leșierii zgurelor antimonioase cu soluții de sulfură de sodiu se pot obține, alături de antimoniu electrolitic, și antimoniat de sodiu sau sulfură de antimoniu.

### Obținerea antimoniatului de sodiu

Schema tehnologică (fig. 2) de obținere a antimoniatului [6] cuprinde:

— solubilizarea antimoniului din zgura antimonioasă cu soluție de sulfură de sodiu;

— precipitarea antimoniatului de sodiu din soluția de sulfantimonit de sodiu prin oxidare cu apă oxigenată 30—35%;

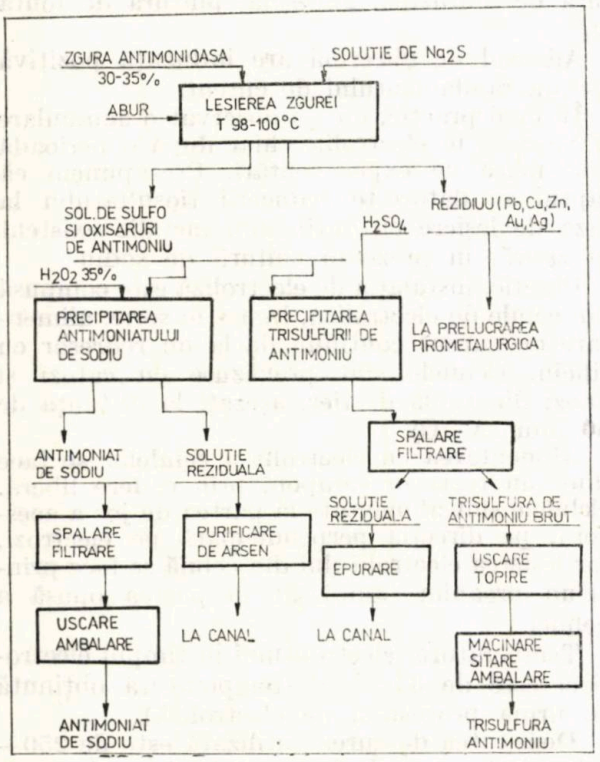



Fig. 2. Procedeu tehnologic de fabricare a antimoniului de sodiu și a sulfurii de antimoniu.

— spălarea și filtrarea antimoniatului de sodiu

— uscare și ambalare.

*Precipitarea antimoniatului de sodiu*

Prin tratarea soluțiilor cu sulfosăruri de antimoniu obținute la leșiere cu un oxidant (în prezența NaOH), în cazul de față apa oxigenată, compușii antimoniului se transformă în antimoniat de sodiu, produs insolubil, care se poate separa.

Reacțiile care pot avea loc la faza de oxidare sînt:

$$2Na_2S + 4H_2O_2 = Na_2S_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O$$

$$Na_3SbS_3 + 6H_2O_2 = Na[Sb(OH)_6] + Na_2S_2O_3 + 3H_2O + S$$

$$Na_2S_2O_3 + 4H_2O_2 + 2NaOH = 2Na_2SO_4 + 5H_2O$$

Combinațiile arsenului care se găsesc în soluție, alături de antimoniu, se comportă în mod asemănător, se oxidează la arseniat de sodiu dar, spre deosebire de antimoniat, acesta este foarte solubil în apă, rămînînd în soluție.

Reacția de oxidare este puternic exotermă, temperatura putînd ajunge la peste 90°C.

Antimoniatul de sodiu obținut la faza de oxidare se separă din soluție, se spală, se filtrează, usucă și ambalează.

Pentru fabricarea antimoniatului se sodiu se poate utiliza, cu rezultate foarte bune, electrolit uzat rezultat la instalația de electroliză a antimoniului, cînd acest electrolit nu mai corespunde datorită acumulării unor cantități mari de săruri provenite prin oxidarea $Na_2S$.

Antimoniatul de sodiu are o largă utilizare în industria emailurilor, sticlei și sticlei TV, ca agent de opacizare.

### Obținerea sulfurii de antimoniu

Tehnologia de fabricare a sulfurii de antimoniu (fig. 2) cuprinde [7] următoarele faze tehnologice:

— solubilizarea antimoniului din zgure antimonioase cu sulfură de sodiu;

— precipitarea sulfurii de antimoniu:

— spălarea, filtrarea, uscarea $Sb_3S_3$ brută;

— măcinare, ambalare.

*Precipitarea sulfurii de antimoniu* se realizează prin tratarea soluțiilor de sulfosăruri de antimoniu (rezultate la leșierea zgurelor antimonioase) sau a electrolitului uzat rezultat la electroliza antimoniului (după o îmbogățire prealabilă cu stibiu), cu acid sulfuric concentrat, pînă la atingerea unui pH corespunzător unui grad maxim de precipitare.

Adăugarea acidului sulfuric se face sub agitare permanentă — realizată de barbotarea aerului comprimat.

După atingerea valorii pH-ului optim, barbotarea continuă pînă la degazarea completă a suspensiei de hidrogenul sulfurat, care apare conform reacției:

$$2Na_3SbS_3 + 3H_2SO_4 = Sb_2S_3 + 3Na_2SO_4 + 3H_2S.$$

Gazele cu $H_2S$ rezultate sînt trecute la o nouă fază de reținere a acestuia, iar suspensia este trecută la spălare, în scopul îndepărtării $Na_2SO_4$.

Reținerea hidrogenului sulfurat din gaze se realizează în două vase de barbotare, legate în serie, pe seama conținutului de NaOH, a electrolitului uzat, conform reacțiilor:

$$NaOH + H_2S = NaHS + H_2O$$

$$NaOH + NaHS = Na_2S + H_2O$$

În urma acestui proces, electrolitul epuizat, îmbogăţit în sulfură de sodiu, este trecut la îmbogăţirea în stibiu printr-un proces de leşiere a zgurelor antimonioase, iar gazele fără hidrogen sulfurat sînt evacuate la coş.

Spălarea de sulfat de sodiu comportă două etape :

- spălarea suspensiei cu o apă de spălare sub agitare, urmată de o decantare şi dirijare a apei de spălare rezultată la epurare ;
- spălarea precipitatului decantat cu apa sub agitare, urmată de filtrarea precipitatului şi de dirijarea apei de spălare rezultate la prima spălare.

Uscarea precipitatului se efectuează pînă la o umiditate care să permită manevrarea produsului obţinut, tiosulfura de stibiu brută, fără să prăfuiască şi la o temperatură de aproximativ 150°C, pentru a împiedica apariţia fenomenului de oxidare.

Purificarea termică se realizează prin topirea sulfurii de antimoniu brute la 900—950°C, sub strat protector de cocs, în scopul descompunerii pentasulfurii de stibiu.

După purificare, topitura este turnată în lingotiere din oţel inoxidabil, de unde se scoate după solidificare. Zgura alcalină rezultată este dirijată la faza de leşiere, iar $Sb_2S_3$ la măcinare.

Măcinarea se efectuează într-o moară cu bile timp de 120 minute, rezultînd o pulbere fină cu refuz, pe sita de 0,063 mm, de 4%, corespunzătoare preparării pastei fosforice în procesul de fabricare a chibriturilor.

Produsul obţinut, cu conţinut de 67—69% Sb şi 27—28% S, corespunde din punct de vedere calitativ procesului de fabricaţie a chibriturilor, fiind testat, cu rezultate bune, la fabricile din Brăila şi Bucureşti.

## Concluzii

- Prin aplicarea în ţară a celor trei tehnologii la I.M.M.N. Copşa Mică, unde se va construi instalaţia industrială, se poate valorifica şi antimoniul, care în prezent este stocat sub formă de zgură antimonioasă.
- Se va reduce importul de antimoniu metalic cu circa 200 t/an.
- Se elimină importul a 150 t/an antimoniat de sodiu şi circa 50 t/an sulfură de antimoniu.
- Se valorifică suplimentar însemnate cantităţi de Pb, Au, Ag, Bi, Cu — metale înglobate în zgură.

### Bibliografie


[1] Oprea, Fl. ş.a. *Metalurgiile elementelor însoţitoare ale metalelor neferoase grele*. Ed. tehnică, Bucureşti, 1968.

[2] Costea, I. ş.a. *Valorificarea zgurelor stibioase rezultate la prelucrarea nămolurilor anodice de la electroliza plumbului*. Studiu I.C.P.M.M.N. Baia Mare, 1976.

[3] Costea, I. *Procedeu pentru valorificarea metalelor utile din prafurile volatile şi zgurele stibioase*. Brevet R.S.R. nr. 66845/1976.

[4] Isanhodjaev, S., Ermatova, Z., Jdanov, A. K. *Electroliza stibiului din electroliţi alcalin-sulfuroşi*. Iz. Fan, Taşkent, 1977.

[5] Baiborodov, P. P., Isanhodjaev, S., Juravlev, V. I. *Producţia de stibiu electrolitic şi căile de intensificare*. Iz. Fan, Taşkent, 1977.

[6] Costea, I. ş.a. *Cercetări de elaborare a tehnologiei pentru fabricarea antimoniatului de sodiu din electrolit uzat de la electroliza stibiului*. Studiu 1978.

[7] Costea, I. ş.a. *Cercetări de elaborare a tehnologie pentru fabricarea sulfurii de antimoniu*. Studiu 1978.


# Elemente pentru calculul şi tehnologia cimentării coloanelor cu diametre mari


Conf. dr. ing. **G. Iordache**
I.P.G. Ploieşti


Cimentarea coloanelor cu diametre mari (3 000—8 000 mm) are mai multe variante, din care trei trebuie luate în considerare :

— prin ţevi perforate ;
— prin ţevi cu diametre mari ;
— prin ţevi montate în interiorul coloanei.

### I. Cimentare prin ţevi perforate

În acest caz, volumul pastei de ciment

$$V_1 = V_2 + V_3 + V_9, \qquad (1)$$

în care :

$V_2$, $V_3$ şi $V_9$ reprezintă volumul spaţiului inelar, interiorului coloanei, respectiv al găurii de sondă pe înălţimea $H_1$ :

$$V_2 = V_4 - (V_5 + V_6 + V_7), \qquad (2)$$

în care :

$V_4 \ldots V_7$ reprezintă volumele spaţiului inelar fără adaosuri, cintrelor, ţevilor perforate şi ţevilor de cimentare :

$$V_3 = \frac{\pi}{4} D_0^2 l_3,$$

$$V_4 = \frac{\pi}{4}(KD_1^2 - D_2^2)H,$$

$$V_5 = \pi D_2 ihs, \qquad (3)$$

$$V_6 = \frac{\pi}{4}(D_3^2 - D_4^2)l_1 - V_8,$$

$$V_7 = \frac{\pi}{4}(D_5^2 - D_6^2)l_2,$$

$$V_8 = i_1 a_1 a_2 s_1,$$

$$V_9 = \pi D_1^2 H_1,$$

în care:

$V_8$ reprezintă volumul perforaturilor;

$D_0 \ldots D_6$ — diametrele: interiorului coloanei, găurii de sondă, exteriorului coloanei, exteriorului și interiorului țevilor perforate, exteriorului și interiorului țevilor de cimentare (fig. 1 *a*, *b*, *c*);

$H$ — lungimea găurii de sondă;

$i$ — numărul de cintre;

$h$ — înălțimea unei cintre;

$s$ — grosimea de perete a cintrelor;

$l_1$, $l_2$ — lungimile țevilor perforate, respectiv ale țevilor de cimentare;

$l_3$ — înălțimea de cimentare din interiorul coloanei;

$i_1$ — numărul fantelor prevăzute în țevile cu grosimea de perete $s_1$.

Datorită valorii mari pentru $V_2$, este necesară reprezentarea grafică $V_2 = f_1(H)$, respectiv a volumului unitar pentru spațiul inelar (fig. 2).

Dacă sonda nu este perfect verticală, este de așteptat o micșorare a volumului de pastă

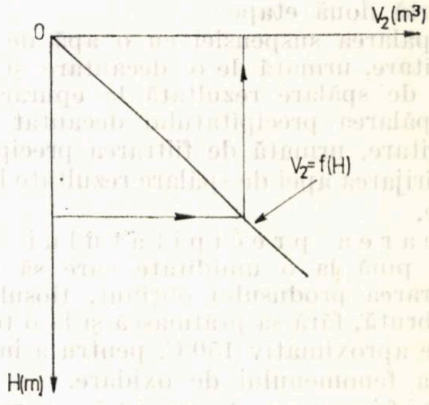



Fig. 2

de ciment consumată (fig. 3): în zonele hașurate, dezlocuirea se face mai greu datorită micșorării secțiunii — fluidul din sondă se va dezlocui preferențial prin zonele nehașurate, iar volumul de pastă de ciment consumat va fi mai mic (în figura 3 *a*, $D_e$ reprezintă diametrul exterior al coloanei, care ia în considerare și mărirea datorată cintrelor și, eventual, țevilor de cimentare, iar $l_d$ reprezintă distanța pe care s-a produs devierea).

Pe măsura introducerii coloanei, din punctul de contact $C$, aceasta se va deplasa, la supra-

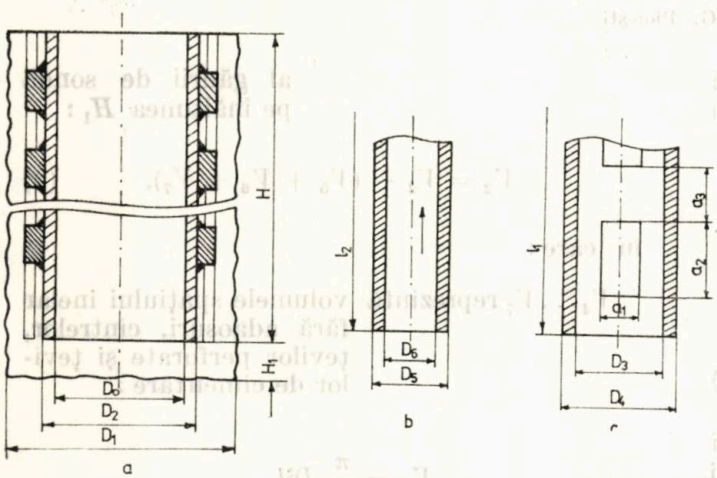



Fig. 1

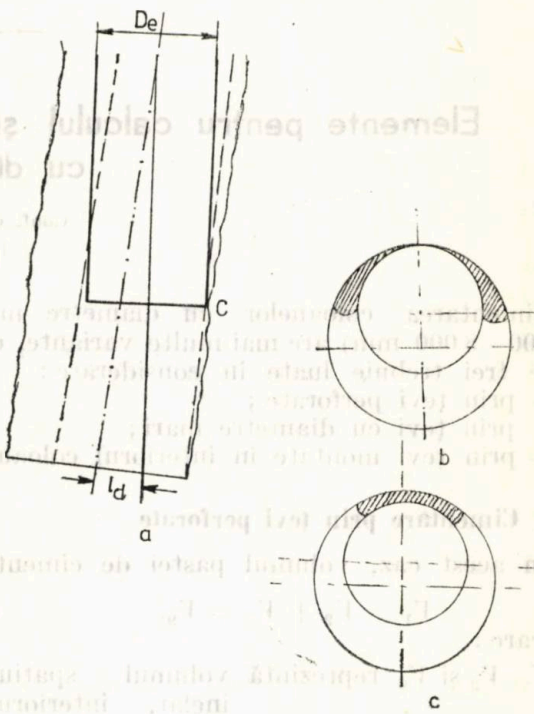



Fig. 3

față, pe orizontală; rigiditatea coloanei este mare și deci aceasta nu se va încovoia.

Este cert că într-o gaură de sondă deviată nu se poate realiza un inel din ciment cu calități corespunzătoare (este puțin probabilă chiar și continuitatea inelului pe o generatoare a coloanei).

Pentru a determina volumul real al găurii de sondă, este obligatorie cunoașterea valorilor $V_2 \ldots V_9$, precum și a volumului de pastă de ciment pompat efectiv; cea mai comodă soluție presupune urmărirea volumului de lichid dezlocuit $V_{10}$, prin citirea continuă și atentă la o habă sau la jgheaburile de deversare. Din motive subiective, urmărirea volumului pompat (determinat din caracteristicile agregatului) este greu de realizat.

În mod normal $V_{10} < V_1$, iar raportul $V_1 : V_{10}$ poate fi considerat tocmai $K$ (vezi a doua relație (3)); pentru o gaură de sondă cilindrică, fără neuniformități, precum și în cazul unei dezlocuiri perfecte, $V_{10} = V_1$, iar $K = 1$.

Datorită lipsei unor mijloace exacte de măsură a gradului de neuniformitate al pereților găurii de sondă, precum și faptului că dezlocuirea noroiului de către pasta de ciment nu poate fi completă, măsurile menționate sînt absolut obligatorii.

Pentru prepararea pastei de ciment se folosesc relațiile obișnuite:

$$g_c = \frac{\gamma_c(\gamma_p - \gamma_a)}{\gamma_c - \gamma_a},$$

$$v_a = \frac{\gamma_c - \gamma_p}{\gamma_c - \gamma_a},$$

$$G_c = K_1 g_c V_1, \qquad (4)$$

$$V_a = K_1 v_a V_1,$$

în care: indicii $c$, $a$, $p$ sînt pentru ciment, apă și pastă de ciment, iar $K_1$ reprezintă factorul de pierdere la preparare; $g_c$ și $v_a$ sînt cantitățile de ciment și apă necesare preparării unei unități de volum de pastă de ciment, iar $G_c$ și $V_a$ sînt cantitățile totale.

*Tehnologia de cimentare prin țevi perforate* presupune existența a cîte două șiuri de țevi concentrice: unul exterior, prevăzut cu fante și legate de coloană, de preferat de cintre, și unul interior, care poate fi manevrat.

Pentru a putea urmări exactitatea operațiilor trebuie determinate volumele unitare ale spațiului inelar și interiorului coloanei; pentru aceasta în relațiile (3) se pot calcula volumele pentru lungimi de 1 m.

Avînd în vedere volumele mari care trebuie vehiculate, se preconizează cimentarea în mai multe tranșe. Legăturile la țevile interioare $S$ (fig. 4) trebuie prevăzute cu manometre. De asemenea, pe colectorul comun $C$ trebuie montate două manometre, din care unul cu cadran pentru presiuni pînă la 50 bari, iar al doilea pentru presiuni mai mari (dar nu peste 100 bari).

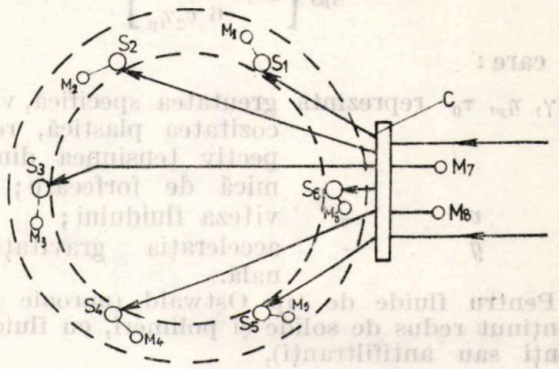



Fig. 4

Fiecare cap de cimentare trebuie prevăzut cu un ventil (sau o cana) care să asigure manevra rapidă, respectiv introducerea sau scoaterea unui șir de țevi din circuit. Verificarea continuității țevilor trebuie făcută pe rînd (se închid ventilele, cu excepția celui de la șirul care se verifică). O funcționare normală a agregatului de pompare și a legăturilor, ar trebui să determine înregistrarea aceleiași presiuni, pe rînd, la fiecare șir de țevi. Obturarea țevilor este ușor observabilă.

Dacă se începe vehicularea noroiului printr-un șir de țevi, cu debitul agregatului de pompare cunoscut, presiunea la manometrele de pe colector are o valoare mai mare decît în cazul pompării concomitente prin toate șirurile.

Pentru pornirea circulației cu noroi, presiunea de refulare

$$p_r = p_\theta + p_c, \qquad (5)$$

în care:

$p_\theta$ reprezintă presiunea necesară învingerii rezistenței de gel;

$p_c$ — presiunea necesară învingerii frecărilor:

$$p_\theta = \frac{4H\theta}{D_1 - D_2} + \frac{4l_2\theta}{D_1}, \qquad (6)$$

în care $\theta$ reprezintă tensiunea statică de forfecare a noroiului.

Pentru determinarea valorii $p_c$ trebuie stabilite tipul fluidului de foraj și regimul de curgere (după ruperea rezistenței de gel, dacă există, $p_r = p_c$).

Pentru fluide newtoniene, $p_r = p_c$.

Pentru fluide binghamiene (noroaiele care fac structură și majoritatea pastelor de ciment), pentru spațiul inelar,

$$Re^* = \frac{\gamma v_1(D_1 - D_2)}{g\eta_p\left[1 + \frac{1}{6}\frac{\tau_0(D_1 - D_2)}{\eta_p v_1}\right]}, \qquad (7)$$

respectiv pentru interiorul ţevilor de cimentare,

$$Re^* = \frac{\gamma v_2 D_6}{\eta_p g\left[1+\frac{\tau_0 D_6}{6\, v_2 \eta_p}\right]}, \qquad (8)$$

în care:

$\gamma$, $\eta_p$, $\tau_0$ reprezintă greutatea specifică, vîscozitatea plastică, respectiv tensiunea dinamică de forfecare;
$v$ — viteza fluidului;
$g$ — acceleraţia gravitaţională.

Pentru fluide de tip Ostwald (noroaie cu conţinut redus de solide şi polimeri, cu fluidizanţi sau antifiltranţi),

$$Re = \frac{12^{1-n}(D_1 - D_2)^n v_1^{2-n}\gamma}{\left(\frac{2n+1}{3n}\right)^n g K_c}, \qquad (9)$$

respectiv

$$Re = \frac{8^{1-n} D_6^n v_2^{2-n}\gamma}{\left(\frac{3n+1}{4n}\right)^n g K_c}, \qquad (10)$$

în care, faţă de notaţiile precedente, $n$ reprezintă indicele de comportare la curgere, iar $K_c$ — indicele de consistenţă. Pentru stabilirea caracteristicilor reologice, presupunînd existenţa unui vîscozimetru cu cilindru suspendat — FANN — se procedează astfel: se determină unghiurile de rotaţie ale aparatului pentru 600 rot/min ($\varphi_{600}$) şi pentru 300 rot/min ($\varphi_{300}$); pentru aceste valori,

$$\eta_p = \varphi_{600} - \varphi_{300},\ \text{cP},$$

$$\tau_0 = (2\,\varphi_{300} - \varphi_{600})4{,}88,\ \text{mgf/cm}^2,$$

$$n = \log\frac{\varphi_2}{\varphi_1};\quad \left(\log\frac{n_2}{n_1}\right) = \frac{\log\tau_2 - \log\tau_1}{\log\left(\frac{dv}{dr}\right)_2 - \log\left(\frac{dv}{dr}\right)_1},$$

$$K = \tau_1 : \left(\frac{dv}{dr}\right)_1^n, \qquad (11)$$

în care:

$\varphi_2$ şi $\varphi_1$ reprezintă unghiurile de rotaţie ale cilindrului suspendat pentru turaţiile $n_2$, respectiv $n_1$;
$\tau_2$, $\tau_1$ — tensiunile dinamice de forfecare în două puncte ale reogramei corespunzătoare gradienţilor de viteze $\left(\frac{dv}{dr}\right)_2$ şi $\left(\frac{dv}{dr}\right)_1$.

Cu valoarea debitului cunoscută se stabilesc vitezele $v_1$ — în spaţiul inelar (ascendentă) şi $v_3$ — în interiorul ţevilor de cimentare (descendentă),

$$v_1 = \frac{q_a}{A_1},\quad v_3 = \frac{q_a}{A_3}, \qquad (12)$$

în care $A_3$ şi $A_1$ reprezintă aria secţiunii transversale a ţevilor de cimentare, respectiv a spaţiului inelar. Dacă pomparea se face simultan prin toate şirurile de ţevi $i_2$, atunci $v_3$ se micşorează în mod corespunzător, respectiv,

$$v_3' = \frac{q_a}{i_2 A_3}. \qquad (13)$$

Pentru $Re^* \leqslant 2\,300$, regimul de curgere se consideră laminar, iar

$$p_c = 4l_2\left[\frac{1}{(D_1 - D_2)}\left(\frac{8\eta_p v_1}{D_1 - D_2} + \tau_0\right) + \frac{1}{D_6}\left(\frac{8\eta_p v_3}{D_6} + \tau_0\right)\right]. \qquad (14)$$

Dacă fluidul este de tip Ostwald, iar regimul de curgere laminar,

$$p_c = 4K_c l_2\left[8^n\left(\frac{3n+1}{4n}\right)^n \frac{v_1^n}{D_6^{n+1}} + 12^n\left(\frac{2n+1}{3n}\right)^n \frac{v_3^n}{(D_1 - D_2)^{1+n}}\right]. \qquad (15)$$

Datorită vitezei mici existentă în spaţiul inelar, este de aşteptat ca regimul de curgere să fie în permanenţă laminar, iar turbulenţa să nu apară decît în interiorul ţevilor de cimentare; în acest caz, pentru fluide binghamiene,

$$p_c = \frac{4l_2}{D_1 - D_2}\left(\frac{8\eta_p v_1}{D_1 - D_2} + \tau_0\right) + \frac{\lambda\gamma v_3^2 l_2}{2gD_6}, \qquad (16)$$

iar pentru cele ostwaldiene,

$$p_c = 4\cdot 12^n\left(\frac{2n+1}{3n}\right)^n \frac{K_c v_1^n l_2}{(D_1 - D_2)^{1+n}} + \frac{\lambda\gamma v_3^2 l_2}{2gD_6}, \qquad (17)$$

în care coeficientul rezistenţelor hidraulice $\lambda$ se poate accepta cu valoarea

$$\lambda = \frac{0{,}08}{\sqrt[7]{Re}}, \qquad (18)$$

aplicabilă pentru toate cazurile.

Pentru a avea o imagine corectă a presiunii de circulaţie, este de dorit ca relaţiile (14)...(18) să fie aplicate distinct, pentru fazele cimentării şi să se scoată în evidenţă ponderea diferiţilor factori.

Pentru pomparea primei tranşe (care trebuie să umple şi interiorul coloanei, la echilibru), criteriul de bază ar trebui să fie timpul de pompabilitate $t_p$ al pastei de ciment (un al doilea criteriu, subiectiv însă, îl constituie cantitatea de ciment praf ce poate fi adusă la sondă).

Dacă se cunoaşte debitul agregatului (agregatelor) $q_a$, din relaţia generală

$$q_a = \frac{V}{t}, \tag{19}$$

rezultă volumul ce poate fi pompat fără a se risca micşorarea pompabilităţii :

$$V_{11} = q_a t_p. \tag{20}$$

Dacă se cunosc aria secţiunii spaţiului inelar $A_1$ şi a interiorului coloanei $A_2$, prin şiul coloanei (liber pentru a permite umplerea pe principiul vaselor comunicante) se realizează cimentarea la echilibru, iar

$$V_{11} = A_1 l_{11} + A_2 l'_{11}. \tag{21}$$

La lichide obişnuite, de tip newtonian, lungimea $l_{11}$ de ridicare în spaţiul inelar este egală cu $l'_{11}$ de ridicare în interiorul coloanei ; reologia pastei de ciment şi mai ales posibilitatea ca aceasta să se amestece cu noroiul din sondă, determină însă micşorarea mobilităţii pastei aşa încît este de aşteptat ca $l_{11} > l'_{11}$. Deoarece diferenţa $l_{11} - l'_{11}$ nu se poate măsura decît după priză, se acceptă, pentru început, $l_{11} = l'_{11}$ şi deci, din (21), rezultă

$$l_{11} = \frac{V_{11}}{A_1 + A_2}. \tag{22}$$

Pentru siguranţă, este necesar ca, după măsurarea nivelului de ciment din interior, acesta să se completeze astfel încît să existe, cu certitudine, nivel la cel puţin 3 m de la partea superioară a deschizăturilor prevăzute în şiu.

În vederea spălării ţevilor de cimentare (prin acestea trebuie introdusă apă), cantitatea de apă trebuie astfel calculată încît să umple ţevile de cimentare pe toată lungimea ; este de presupus că prezenţa apei nu afectează calitatea cimentării. După pomparea apei, ţevile de cimentare se retrag deasupra nivelului (pentru a nu se produce înfundarea ţevilor, acestea trebuie retrase cu şiul la un nivel de siguranţă).

Trebuie făcută specificaţia că măsurarea nivelului de ciment în interiorul şi exteriorul coloanei nu dă o imagine exactă a eficienţei dezlocuirii noroiului de către pasta de ciment. După cimentarea primei tranşe şi în presupunerea că interiorul coloanei a fost cimentat pe înălţimea propusă, prima relaţie (3) devine inutilă şi în mod corespunzător se va modifica relaţia (1).

Pe măsura umplerii interiorului ţevilor de cimentare cu pasta de ciment, relaţia (5) devine

$$p_r = p_0 + p_c - p_a,$$

în care

relaţie în care $l_{a1}$ reprezintă lungimea pe care se repartizează pasta de ciment în interiorul ţevilor de cimentare. Este posibil ca

$$p_0 + p_c = p_a$$

sau chiar

$$p_0 + p_c < p_a, \tag{24}$$

şi în acest caz agregatul de pompare refulează pasta de ciment pînă la capetele de cimentare, iar de aici curge prin cădere liberă.

Cimentarea coloanei se consideră terminată în momentul în care pasta de ciment ajunge la zi cînd se şi face pregătirea gurii sondei.

### II. Cimentarea prin ţevi cu diametre mari

Aceasta are multe elemente comune cu metoda precedentă : se folosesc ţevi cu diametre de 3...4 in, ataşate la exteriorul coloanei prin intermediul unor coliere fixate pe cintre. În mod obişnuit se folosesc 3...4 şiruri de ţevi, legate la agregate de pompare cu capacităţi mici (2 PN—35 sau 2 PN—40), acţionate separat, sau grupuri motopompă, care se aduc la sondă numai pentru operaţia de cimentare.

Pentru calculul volumelor, din relaţiile (3) nu se mai calculează $V_6$ şi $V_8$, iar calculele presiunilor au elemente comune metodei precedente.

### III. Cimentarea prin ţevi montate în interiorul coloanei

Aceasta presupune ca la partea inferioară, practic la şiu, coloana *2* să fie prevăzută cu o reducţie *1* care să permită legătura cu o coloană *4* cu diametrul cuprins în limitele 8...10 in (fig. 5). Şiul trebuie să permită circulaţia într-un singur sens, iar la exterior trebuie prevăzute 3...6 şiruri de ţevi *3* (ca în cazurile analizate), cu lungimi prestabilite.

Prima tranşă de cimentare trebuie realizată prin interiorul coloanei ; de la nivelul obţinut, cimentarea se va continua prin ţevile exterioare. Dacă înălţimea acestei tranşe este mare, apare dificultatea survenită din presiunea diferenţială, inevitabilă la sfîrşitul cimentării prin

interior. Singura modalitate de a o evita este folosirea unui noroi greu (cel puţin pentru lungimea luată în discuţie) sau a unei paste

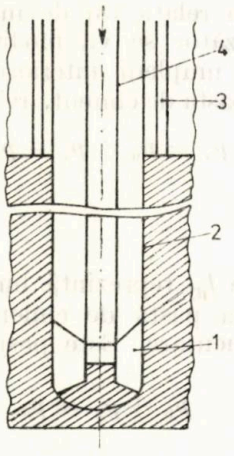



Fig. 5.

de ciment uşoare, astfel încît să se evite apariţia unei presiuni diferenţiale mari.

Metodica nu trebuie exclusă însă nici în cazul noroaielor normale. Pentru a o accepta, se face un calcul prealabil al presiunii exterioare maxime: la sfîrşitul cimentării primei tranşe, presiunea diferenţială (de la exterior către interior şi socotită în dreptul şiului ţevilor cu diametrul mic) trebuie să fie mai mică decît presiunea hidrostatică, la acelaşi nivel, socotită pentru cazul golirii totale a coloanei, respectiv

$$l_{d_2}(\gamma_p - \gamma_f) < H\gamma_f, \qquad (25)$$

în care $l_{d_2}$ reprezintă înălţimea pe care se ridică pasta de ciment în spaţiul inelar în prima tranşă. Dacă se acceptă un coeficient de siguranţă $c_s$, atunci, la limită

$$l_{d_2}(\gamma_p - \gamma_f) = H\gamma_f c_s,$$

de unde

$$l_{d_2} = \frac{H\gamma_f c_s}{\gamma_p - \gamma_f}, \qquad (26)$$

relaţie care exprimă înălţimea pe care este posibilă cimentarea primei tranşe fără a se pune în pericol coloana (pentru siguranţă, valoarea $c_s$ se ia cea mai mică din cele folosite la stabilirea profilului coloanei).

Dacă în relaţia (25) inegalitatea se păstrează pentru valori $H$ egale cu lungimea totală a coloanei, este posibilă cimentarea în flux continuu, cu condiţia ca la sondă să fie disponibile cantităţile totale de ciment praf şi apă (metodica poate fi aplicată pentru coloane cu lungimi mici posibil a fi tubate într-un viitor foarte apropiat).

Aşa cum s-a specificat, tubarea şi cimentarea se realizează, în condiţii ideale, în găuri de sondă perfect verticale. Pentru realizarea acestui deziderat este necesar ca în timpul forajului să se ia măsurile necesare.

**1.** Trebuie făcută echiparea garniturii cu o sapă cu role multiple la care să se verifice orizontalitatea constructivă înainte de folosire la sondă.

**2.** Este obligatoriu lucrul cu cel puţin doi stabilizatori-corectori (deasupra, respectiv dedesubtul prăjinilor grele), iar măsurătorile de deviere trebuie efectuate cel puţin din 10 în 10 m; trebuie folosită aparatură corespunzătoare. Cînd se constată abateri de la verticală, este necesară şi obligatorie corectarea găurii de sondă — se micşorează apăsărea pe sapă şi se păstrează ceilalţi parametri constanţi.

Pentru facilitarea operaţiilor de corectare, precum şi de tubare-cimentare, trebuie să se lucreze cu jocuri radiale de cel puţin 450 mm ($\simeq$ 18 in), chiar dacă se măreşte în mod corespunzător consumul de ciment — această valoare minimă asigură introducerea fără dificultăţi a coloanelor, precum şi posibilitatea păstrării în condiţii de securitate a ţevilor exterioare.

**3.** Datorită rigidităţii mari, coloanele cu diametre de peste 10 in şi în special cele cu diametre mari, trebuie echipate cu şiu al cărui diametru să fie mai mare decît al exteriorului coloanei (fig. 6); acesta protejează ţevile exterioare (dacă există) şi asigură formarea unui inel din ciment pe toată lungimea coloanei.

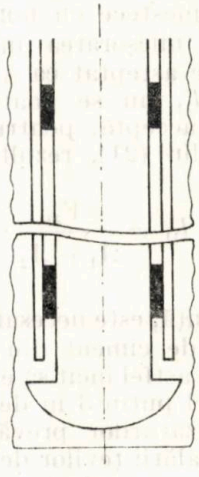


Fig. 6

În măsura posibiliului se vor folosi fluide cu filtrate reduse sau zero: existenţa turtei de colmatare determină o aderenţă scăzută (sau aproape de zero) a pietrei de ciment cu pereţii găurii de sondă, precum şi între pietrele de ciment de la două tranşe consecutive. În cazul sondelor verticale, este de presupus că

greutatea pietrei de ciment este preluată în proporție sporită de coloană (prin intermediul cintrelor). Mărirea aderenței pietrei de ciment se poate face prin folosirea unor amestecuri de ciment și nisip, precum și prin realizarea unui contact direct (deși scarificarea nu este previzibilă). Este cert că dacă neuniformitățile pereților găurii de sondă sînt mici, viteza foarte redusă de dezlocuire a lichidului din spațiul inelar determină formarea unui cilindru din ciment cu diametrul exterior relativ constant.

Pentru motivele menționate, ancorarea ulterioară a coloanei (la suprafață și, eventual, în pinteni intermediari) trebuie făcută în presupunerea cea mai defavorabilă (greutatea coloanei se mărește cu greutatea inelului de ciment).

**4.** „Alunecarea" coloanei cimentate nu se admite: dacă se pleacă de la o altă premiză posibilă și anume că exteriorul inelului din ciment este neuniform, există posibilitatea ca prin alunecare să se producă compresiunea laterală a inelului, respectiv a coloanei cu consecințe extrem de grave asupra stabilității (fig. 7).

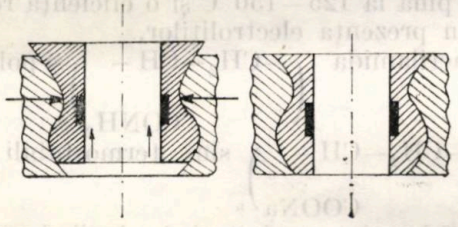


Fig. 7

**5.** Datorită dimensiunilor, alungirea sub greutate proprie este relativ mică:

$$\Delta H = \frac{FH}{EA}, \tag{27}$$

în care:

$F$ reprezintă forța provenită din greutatea proprie a coloanei;
$E$ — modulul de elasticitate longitudinală;
$A$ — aria secțiunii transversale a coloanei.

Pentru corectitudine, la aprecierea valorilor $F$ și $A$ trebuie să se țină seama de variațiile de secțiune, precum și de existența adaosurilor (cintre, țevi ș.a.).

În timpul întăririi cimentului, exotermia acestuia determină dilatarea coloanei; alungirea acesteia

$$\Delta H_t = H(1 + \alpha\Delta t), \tag{28}$$

în care:

$\alpha$ reprezintă coeficientul de dilatare termică liniară ($1{,}23 \cdot 10^{-5}$ 1/°C);
$\Delta t$ — variația de temperatură ($\Delta t = 10° \ldots 20°$C — dar în mod normal această valoare trebuie stabilită cu exactitate).

Cum din relația alungirii specifice $\varepsilon$ se obține

$$\Delta H_t = \varepsilon H,$$

iar forța provenită din fenomenul de dilatare

$$F_t = EA\alpha\Delta H_t, \tag{29}$$

rezultă că tendința de alungire datorită greutății proprii dată de relația (27) este parțial sau, în funcție de valori, total anulată de $F_t$; este de presupus că aceste două componente să se anuleze pe măsura ridicării inelului de ciment în spațiul inelar.

Datorită caracterului compensatoriu al celor două forțe, precum și fenomenelor de instabilitate ce pot apărea drept consecință a unor cauze independente de operatori, se recomandă ca în măsura cimentării coloana să fie păstrată în starea de suspendare inițială — oricum detensionarea se interzice cu desăvîrșire!

După întărirea cimentului și completarea coloanei la suprafață, este posibilă golirea acesteia; dacă nu intervin alți factori, presiunea exterioară

$$p_e = p_h + p_l, \tag{30}$$

în care:

$p_h$ reprezintă presiunea coloanei hidrostatice calculată pentru cazul în care aceasta este dată de noroiul din sondă dinaintea cimentării și rămas, pelicular, dar suficient ca să determine valoarea $p_h = \gamma_f H$;
$p_l$ — componenta orizontală a presiunii litostatice;

$$p_l = \gamma_n \left( \frac{\gamma_1}{\gamma_n} h_1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_n} h_2 + \ldots + \frac{\gamma_{n-1}}{\gamma_n} h_{n-1} + h_n \right) A, \tag{31}$$

în care:

$\gamma_1, \gamma_2 \ldots \gamma_n$ reprezintă greutățile specifice ale rocilor din stratele cu grosimile $h_1, h_2 \ldots h_n$;

$$A = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90}{2} - \frac{\varphi}{2}\right) \tag{32}$$

în care $\varphi$ reprezintă unghiul de frecare internă (tabelat pentru diferite categorii de roci) dar cu valori cuprinse în limitele 5° (pentru nisipuri) și 90° (pentru roci foarte dure și compacte).

**Bibliografie**


[1] Iordache, G. *Foraje cu destinație specială și foraj marin*. Ed. didactică și pedagogică, București, 1981.
[2] Crețu, I. *Hidraulică generală și subterană*. Ed. didactică și pedagogică, București, 1971.
[3] Macovei, N. *Proiectarea regimului de foraj*. I.P.G. Ploiești, 1978.

# Noi aditivi de fluide de foraj pentru săparea sondelor de țiței și gaze
## Tendințe și realizări

Chim. F. Popescu, dr. ing. I. Ana și chim. M. Orosz
I.C.P.P.G. Cîmpina

Criza continuă de hidrocarburi, manifestată în întreaga lume, a condus, în ultimii ani, la intensificarea cercetărilor în direcția descoperirii de noi surse de energie și a valorificării superioare a celor existente.

În vederea introducerii în circuitul economic a noi rezerve de hidrocarburi, în țara noastră se fac eforturi deosebite pentru extinderea activității de cercetare geologică pe întreg teritoriul țării, inclusiv pe mare, în special la adîncimi mari (peste 4 000 m).

În aceste condiții, activitatea de foraj va trebui să rezolve o serie de probleme deosebit de complexe ca :

— instabilitatea pereților (dărîmări, excavări, strîngeri de gaură) găurii de sondă generate de rocile argiloase sensibile la apă, de rocile puternic tectonizate, fisurate, mineralizate, de stratele cu presiuni anormal de ridicate (peste $10^5$ KPa) sau cu presiuni reduse (depletate) ;

— intensificarea proceselor fizico-chimice generate de temperaturi și presiuni deosebit de ridicate (175—250°C respectiv peste $10^5$KPa) ceea ce conduce la degradarea proprietăților reologice ale fluidului de foraj ;

— creșterea momentului de torsiune odată cu creșterea adîncimii ;

— prinderi de sapă, garnitură de foraj sau coloană de tubaj ;

— creșterea continuă a conținutului de gaze corozive ($H_2S$, $CO_2$) care, asociat cu temperaturile și tensiunile interne ridicate, duc la creșterea exponențială a vitezei de coroziune ;

— accentuarea pierderilor de circulație ;

— viteze reduse de avansare în condiții de adîncimi mari și diametre reduse ale găurii de sondă ;

— blocarea mecanică și fizico-chimică a stratelor productive ;

— dificultăți la efectuarea operațiilor de tubaj, cimentare, investigare și de punere în producție.

În cadrul activității de foraj și de punere în producție, un rol important îl are calitatea și tipul fluidelor de foraj, de perforare și de packer.

În acest scop, fluidul de foraj, pe lîngă funcțiile cunoscute, ca :

- transportul detritusului la suprafață ;
- realizarea presiunii hidrostatice necesară controlului presiunii formațiunii ;
- răcirea și lubrifierea echipamentului de foraj etc., care trebuie să asigure și eliminarea, respectiv diminuarea dificultăților semnalate anterior.

Pentru realizarea unor fluide de foraj care satisfac aceste cerințe sînt necesari o serie de aditivi

În cele ce urmează se prezintă aditivii pe grupe de funcțiuni, utilizați în mod curent, deficiențele pe care le prezintă aceștia în condițiile forajului adînc și ultraadînc (peste 4 000 respectiv peste 6 000 m), aditivi noi pentru foraj adînc și ultraadînc elaborați în urma cercetărilor efectuate în ultimii ani la Institutul de cercetări și proiectări pentru petrol și gaze Cîmpina, precum și direcțiile cercetării pentru viitor.

Astfel, în domeniul r e d u c ă t o r i l o r d e f i l t r a r e — aditivi care previn pătrunderea excesivă a fazei lichide în formațiuni și care colmatează pereții găurii de sondă — compușii care se utilizează în mod curent prezintă o serie de dezavantaje. De exemplu c a r b o x i m e t i l c e l u l o z a prezintă stabilitate termică * pînă la 125—150 °C și o eficiență relativ slabă în prezența electroliților.

Poliacrilamida $\left(-CH_2-CH(CONH_2)-\right)_n$ și poliacrilații $\left(-CH_2-CH(COONa)-\right)_n$ sînt termostabili pînă la 200°C dar sînt precipitați de ionii de calciu.

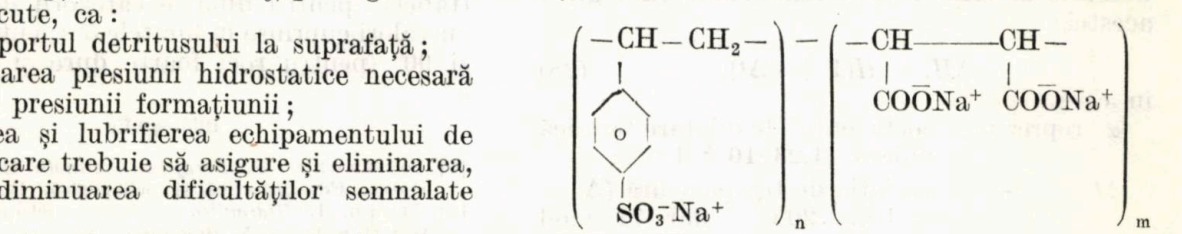
Cercetările efectuate la I.C.P.P.G. au condus la elaborarea unor reducători de filtrare adecvați forajului la mare adîncime, cu stabilitate termică ridicată, respectiv eficiente la concentrații mari de electroliți ca de exemplu :

— FOREX (polizaharidă pregelatinizată) cu stabilitate termică 140°C și rezistent la 300 000 ppm NaCl ;

— LS-54 (lignit sulfonat) cu stabilitatea termică de 200°C și rezistent la electroliți pînă la 300 000 ppm NaCl și 20 000 ppm $Ca^{2+}$ ;

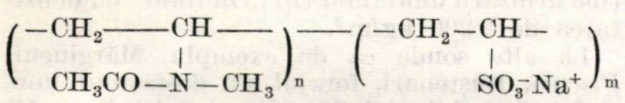
— APV (alcool polivinilic $\left(-CH_2-CH(OH)-\right)_n$ cu stabilitate termică pînă la 200°C și rezistent la o contaminare cu $Ca^{2+}$ pînă la 50 000 ppm.

Cercetările continuă în direcția obținerii unor reducători de filtrare tip copolimeri—polielectroliți de tipul Stiren sulfonat — anhidridă maleică



* Temperatura la care polimerii adăugați fluidului de foraj nu mai au eficiență.

Nvinil Nalchilamidei-vinilsulfonici



care au stabilitatea termică între 300—320°C şi care prezintă interes deosebit pentru săparea sondelor geotermale şi a sondelor cu adîncime de 7 000—10 000 m.

În domeniul fluidizanţilor — aditivi care reduc proprietăţile reologice excesiv de mari — cauzate de acumularea prin hidratare şi dispersare a particulelor de argilă sau de contaminare cu sare, gips, anhidrit — se utilizează în mod curent ferocromlignosulfonatul, cu stabilitate termică 150—160°C, polifosfaţii cu stabilitate termică 80—90°C şi humaţii de sodiu cu stabilitate termică 175—190°C.

Pentru diversificarea aditivilor fluidizanţi, în urma cercetărilor, au fost elaboraţi următorii aditivi:

— lignosulfonat (CLS) de crom cu stabilitate termică 170—180°C;

— cromlignit ($L_3$) cu stabilitate termică 200°C;

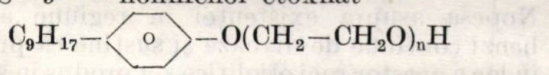
— o răşină pe bază de tanin TAN—21 obţinută prin condensare şi sulfonare cu stabilitate termică 130°C care prezintă importanţă deoarece nu conţine ioni de crom toxici şi astfel poluează mai puţin mediul înconjurător.

Tot în acest scop, a fost elaborat lignosulfonatul de aluminiu şi lignosulfonatul de potasiu care prezintă importanţă la prepararea diferitelor tipuri de fluide, în special la forajul marin.

Cercetările continuă în direcţia obţinerii unor fluidizanţi tip răşini metilsulfonice — lignosulfonat, respectiv a unor polimeri cu masă moleculară mică, cu stabilitate termică 250—300°C.

În domeniul substanţelor tensioactive — aditivi care reduc tensiunea superficială a filtratului şi, prin aceasta, îmbunătăţesc afluxul de hidrocarburi la punerea în producţie a sondelor; au o capacitate ridicată de emulsionare (conduc la obţinerea fluidelor uşoare, utilizate la combaterea pierderilor de circulaţie) şi o acţiune de inhibitare a hidratării şi dispersării rocilor argiloase (prin formare de filme monomoleculare). Cercetările au condus la elaborarea unor agenţi activi de suprafaţă eficienţi şi cu stabilitatea termică ridicată (200°C) dintre care menţionăm:

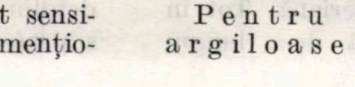
AAS—9 — nonilfenol etoxilat



AAS—4 — alchilarilsulfonat de sodiu şi humat de sodiu

EG—96 — monoetilenglicol oxipropilat

care prezintă eficienţă ridicată şi nu sînt sensibili la contaminare cu ioni de calciu. Se menţionează că săpunurile naftenice utilizate anterior se precipită cu $Ca^{2+}$.

Cercetările continuă în direcţia obţinerii unor substanţe tensioactive de tipul alchil şi polialchilfenolpoliglicol cu masă moleculară ridicată de tipul  , unde n = 30—100 cu acţiune de inhibitare ridicată.

În domeniul inhibitorilor de coroziune a fost elaborat un consumator de $H_2S$ pe bază de humaţi de Zn şi $ZnCrO_4$, care precipită $H_2S$ conform reacţiei:

$$Zn^{2+} + S^{2-} \rightarrow \underset{\downarrow}{Zn\,S}$$

şi un consumator de oxigen pe bază de sulfiţi catalizaţi care consumă oxigenul din fluidul de foraj conform reacţiei:

$$SO_3^{2-} + 1/2\ O_2 \rightarrow SO_4^{2-}$$

Consumatori de $H_2S$, $O_2$ prezintă avantajul că nu afectează proprietăţile reologice ale fluidelor de foraj şi, faţă de inhibitorii de coroziune tip peliculogene pe bază de amină, prezintă termonstabilitate mai ridicată.

Pentru soluţionarea prinderilor de sapă, garnitură de foraj şi coloană prin fenomenul de „lipire diferenţială" în colmatajul gros depus pe peretele găurii de sonde, datorită presiunilor hidrostatice excedente în dreptul formaţiunilor cu permeabilitate ridicată, a fost elaborat un aditiv AD constituit din amestec de substanţe tensioactive neionice şi anionice care, dizolvat în motorină sau în fluid pe bază de produse petroliere, îngreuiat şi pompat în dreptul zonei de lipire, fisurează colmatajul, permiţînd fluidului să pătrundă în fisuri şi astfel, prin reducerea suprafeţei de contact garnitură-colmataj, egalizarea presiunii şi prin lubrifiere are loc degajarea garniturii.

Avantajele astfel obţinute sînt deosebit de mari; se recuperează intervalul de gaură care s-ar fi resăpat şi garnitura de foraj. Prin aplicarea acestui produs la 20 de sonde au fost soluţionate prinderile de garnituri în proporţie de 90% (la adîncimi de 2 500—5 000 m), faţă de 45—50% cît indică literatura de specialitate pe plan mondial.

În vederea reducerii torsiunii a fost elaborat un lubrifiant LFF—2 pe bază de amestec de esteri care nu influenţează proprietăţile reologice ale fluidului de foraj, este compatibil cu toate tipurile de fluide de foraj cu stabilitate termică 150—175°C şi reduce coeficientul de frecare dintre garnitura de foraj şi perete cu 30—50%, în funcţie de tipul fluidului de foraj.

Pentru stabilizarea rocilor argiloase sensibile la apă s-a elaborat un

aditiv INHIB, constituit din amestec de substanțe macromoleculare și bicromați care, adăugat în concentrații 3—5% fluidelor de foraj pe bază de apă reduce, în mod considerabil, procesele de hidratare și dispersare a particulelor de argilă.

Pentru traversarea rocilor argiloase care, pe lîngă sensibilitatea la apă, prezintă și microfisuri, ceea ce accentuează instabilitatea găurii, s-a cercetat și preparat un alt produs SGS constituit din asfalt bituminos pulbere, humat de sodiu și o substanță tensioactivă neionică. Produsul blochează microfisurile, prin legarea acestora, și în același timp hidrofobizează particulele de argilă.

Pe lîngă aceste produse, în ultimii ani, în urma cercetărilor de la I.C.P.P.G. Cîmpina s-a obținut o serie de aditivi printre care:

EMROM — emulgator (săpunuri de calciu și sodiu ai acizilor grași și substanțe tensioactive);

ASAL — reducător de filtrare (asfalt sulfoxidat)

OFP—82N — agent de umectare,

cu ajutorul cărora a fost elaborat un nou tip de fluid de foraj pe bază de produse petroliere cu faza continuă, motorină în care se dispersează ca fază internă soluție de $CaCl_2$.

Fluidul realizat este numit „emulsie inversă" sau „Oil fluid", în funcție de conținutul de apă (10—35% vol. respectiv 5—10% vol).

Utilizarea acestui tip de fluid de foraj a condus la realizarea unor sonde de mare adîncime, în condiții deosebit de dificile.

Astfel, pe structura Măgurele s-a săpat și a fost pusă în producție o sondă la adîncimea de 5 920 m, caracterizată prin temperaturi de 180°C și presiune de $10{,}3 \cdot 10^4$ KPa, în condițiile utilizării unui fluid tip „Oil fluid" cu densitatea de 2 200 kg/m$^3$.

La alte sonde ca de exemplu Mărgineni, Piscuri, Bușteni, forajul s-a desfășurat normal, utilizînd fluid de foraj tip „emulsie inversă" pînă la adîncimi de 5 000—5 500 m, în condițiile în care forajul cu fluid de foraj pe bază de apă nu era posibil.

În prezent se află în foraj o sondă pe structura Băicoi, la adîncimea de 5 000 m, care se va săpa cu fluid tip Oil fluid, pînă la adîncimea de 6 500 m.

Pe lîngă acest tip de fluid de foraj, cu aditivii cercetați s-au realizat și alte tipuri.

Astfel, utilizînd substanțele tensioactive (AAS—9, EG—96, TENSROM) pe structura Bibești s-a realizat un fluid cu conținut redus de solide, ceea ce a condus la viteze de avansare deosebit de ridicate.

Rezultate deosebite s-au obținut în urma elaborării și aplicării în șantier a fluidului de foraj tip „*INHIB—KCl*" în compoziția căruia, pe lîngă 3—10% KCl, intră aditivii INHIB, EG—96 etc. Acest tip de fluid de foraj se apropie, ca performanțe, de fluidul de foraj emulsie-inversă (dovedit în urma aplicării în șantiere la mai multe sonde inclusiv și la forajul marin), ceea ce conduce la înlocuirea treptată (acolo unde este posibil) a fluidelor pe bază de produse petroliere.

În concluzie se poate afirma că în urma cercetărilor proprii, în laboratorul de fluide de foraj al I.C.P.P.G. Cîmpina, s-au elaborat aditivi și fluide de foraj care au permis să se sape sonde în cele mai dificile condiții, la adîncimi de peste 6 000 m, și să se soluționeze rapid dificultăți majore apărute în forajul acestora.

# Contribuții la studiul petrografic al ofiolitelor din baza pînzei getice de pe valea Jiului de vest

Prof. **L. Pavelescu** și ing. geol. **Maria Pavelescu**

## I. Introducere

Ofiolitele care fac obiectul acestui studiu sînt cantonate în lungul văii Jiului de vest, pe versantul nordic al masivului Vîlcan, între Cîmpu lui Neag și Livezeni.

Pe diferite schițe sau hărți mai vechi figurează pe partea dreaptă a Jiului de vest, tufuri diabazice, diabaze sau serpentine.

F. Nopcsa [3] semnalează în această zonă tufuri diabazice de vîrstă doggeriană. Tot în 1905, G. Murgoci menționează de-a lungul liniei de șariaj a pînzei getice de pe valea Jiului de vest, lentile de roci bazice și ultrabazice, cărora le conferă funcția ofiolitică.

În 1935, G. Manolescu infirmă ipoteza lui Nopcsa asupra existenței în regiune a unei benzi continue de diabaze și susține că punerea în loc a acestor roci ofiolitice s-a produs în același timp cu încălecarea.

În 1973, Maria Pavelescu descrie, cu mare detaliu, rocile ofiolitice care apar de-a lungul suprafeței de șariaj a cristalinului pînzei getice;

sînt semnalate, pentru prima dată, tipuri de peridotite dunitice, wehrlitice, hornblendite, diabaze, serpentinite și șisturi amfibolice.

## II. Descrierea geologică și petrografică a regiunii

Regiunea de aflorare a ofiolitelor este constituită din :

— depozitele sedimentare ale bazinului Petroșani ;

— cristalinul pînzei getice ;

— depozitele sedimentare ale autohtonului danubian ;

— ofiolitele mezozoice ;

— cristalinul autohtonului danubian.

1. *Depozitele sedimentare ale bazinului Petroșani* sînt răspîndite pe o suprafață largă, fiind reprezentate prin variate depozite sedimentare de vîrstă neogenă și cretacică.

2. *Cristalinul pînzei getice* se dezvoltă la limita sudică a bazinului Petroșani, sub forma unor petice. Caracterul său petrografic este dominat de șisturi cristaline puternic metamorfozate : paragnaise cu biotit și granați, micașisturi, cuarțite, amfibolite etc. Aceste șisturi cristaline suportă depozitele neogene și stau, fie peste depozitele mezozoice ale autohtonului danubian, fie direct peste șisturile cristaline ale acestuia.

3. *Depozitele învelișului sedimentar al autohtonului danubian* sînt reprezentate prin formațiuni mezozoice (Jurasic superior-Cretacic inferior), alcătuite din calcare și șisturi argilo-marnoase, străbătute de ofiolite. Ele stau discordant peste șisturile cristaline ale seriei de Tulișa.

4. *Cristalinul autohtonului danubian* este reprezentat, în această zonă, prin șisturile cristaline ale seriei de Tulișa, și anume prin orizontul superior (filite grafitoase, șisturi sericito-grafitoase și șisturi cuarțitice).

III. **Ofiolitele** Așa cum am menționat, această formațiune este reprezentată prin roci ultrabazice, în cea mai mare parte serpentinizate, și diabaze. Ele apar sub forma unor lentile mici, de dimensiuni care nu trec de 10 m grosime și cîteva zeci de metri lungime, în lungul suprafeței de șariaj a cristalinului pînzei getice, peste formațiunile autohtonului danubian. Ele străbat, atît șisturile cristaline ale seriei de Tulișa, cît și depozitele jurasice și cretacic-inferioare ale autohtonului. Multe din aceste roci nu sînt semnalate decît prin blocuri în aluviuni sau în grohotișul de pantă.

Din punctul de vedere al compoziției mineralogice, ofiolitele din zonă se repartizează la: peridotite, hornblendite, diabaze, serpentinite și șisturi amfibolice.

1. *Peridotite de tip dunitic* au fost întîlnite, îndeosebi, pe valea Căprișoara ; sînt roci de culoare închisă, cu nuanțe verzui.

Compoziția mineralogică : olivină, picotit, magnetit, antigorit, crisotil, hematit, pirită, calcit.

Olivina apare sub formă de granule ce ajung pînă la 0,1 mm, este intens brăzdată de fisuri rectangulare sau neregulate, de-a lungul cărora se insinuează granule fine de minerale opace și minerale serpentinice. Uneori, aceste granule de olivină sînt integral serpentinizate sau transformate în bowlingit sau iddingsit.

Structura serpentinitelor care iau naștere este uneori rectangulară, pîsloasă, alteori ocelară, cu aspecte porfirice, iar textura este masivă.

În peridotitele de tip dunitic, datorită proceselor de autometasomatism hidrotermal suferite de olivină și transformarea ei în minerale serpentinice, apar în cantități însemnate granule de magnetit secundar.

Transformările olivinei în minerale serpentinice (antigorit și crisotil) sînt destul de frecvente și dau naștere la un sistem reticular constituit din fibre de crisotil, iar ochiurile sînt formate din lamele de antigorit sau relicte de olivină.

În mod sporadic, în unele din aceste transformări ale olivinei, pe lîngă mineralele serpentinice, apar și lamele de clorit, ce sînt însoțite adeseori de granule fine de calcit.

Printr-un metamorfism mai avansat, de multe ori structura reticulară sau ocelară este complet distrusă, iar mineralele serpentinice formează o masă pîsloasă, în care lamelele de clorit se prezintă ca niște porfiroblaste.

În unele din aceste roci se observă și o participare mai mare a mineralelor amfibolice, iar printre reticulele formate din mineralele serpentinice se strecoară și solzi fini de talc sau fibre aciculare de azbest.

Mineralele opace (îndeosebi magnetitul și pirita) pot prezenta uneori și unele aspecte de orientare a filonașelor, formînd fișii paralele, mai ales în zonele mai bogate în antigorit și clorit (clinoclor sau pennin).

2. *Peridotite de tip wehrlitic*, mai mult sau mai puțin serpentinizate, se întîlnesc îndeosebi pe valea Merișoara. In compoziția lor mineralogică intră : olivină, diallag, hornblendă brună, magnetit, minerale serpentinice, clorit, biotit, bowlingit, iddingsit, saponit, calcit.

Cristalele de olivină sînt brăzdate, în toate sensurile, de filonașe de minerale serpentinice, minereu și bowlingit, care le imprimă o structură reticulară caracteristică.

Diallagul se prezintă sub formă de cristale larg dezvoltate și umplute cu o pulbere fină de minereu. Unele cristale prezintă fenomene de uralitizare, însă cele mai multe pe cele de bastitizare.

Magnetitul primar se prezintă sub formă de cristale idiomorfe fine, cel secundar, în schimb,

se prezintă sub formă de granule cu contururi neregulate sau sub formă de pulbere foarte fină.

Mineralele serpentinice (antigoritul și crisotilul) sînt componente care predomină în exclusivitate.

În unele roci, antigoritul cuprinde complet spațiul ocupat de cristalele de olivină, iar acestea din urmă nu apar decît sub formă de granule izolate, în sistemul reticular scos în evidență de granulele de minereu. În porțiunile în care minereul prezintă unele concentrații mai mari, apar și lamelele de antigorit într-o cantitate mai mare. Pe măsura scăderii procentului de olivină încep să apară, într-o cantitate mai mare, cristalele prismatice de hornblendă sau tremolit.

În majoritatea peridotitelor de tip wehrlitic se desprinde imaginea a două fenomene de autometasomatism : serpentinizarea olivinei pe de o parte, iar pe de alta, bastitizarea și uralizarea diallagului.

3. *Hornblenditele* apar îndeosebi pe valea Braia și în zona Sohodol. Structura rocilor este granulară, microcristalină, uneori fanerocristalină, iar textura masivă, compactă. În compoziția lor mineralogică intră : hornblenda, tremolitul, actinotul, cloritul, minereul, calcitul, antigoritul, talcul, epidotul, zoizitul, azbestul, titanitul, limonitul.

Amfibolii se prezintă sub formă de cristale prismatice alungite pînă la 2 cm. Unele cristale prezintă un pleocroism slab, au $c : ng$ 17° și $2\ Vnp = 87°$. În majoritatea rocilor, ei se prezintă sub formă de tremolit ; uneori apar în asociație cu actinotul.

Cloritul apare în asociație cu solzii de talc. Unele lamele mai larg dezvoltate și incolore sînt optic negative, altele, în schimb, cele cu contururi neregulate, sînt optic pozitive.

Mineralele opace apar preponderent în rocile bogate în clorit.

Ceea ce merită să fie semnalat este faptul că în unele hornblendite lamelele de clorit, care iau naștere pe seama tremolitului, nu se formează de-a lungul clivajelor, cum ar fi normal, ci în interiorul cristalelor prin fenomene de coroziune, prezentînd aspecte curioase.

Talcul se prezintă sub formă de solzi sau lamele ; este optic negativ și cu $2\ Vnp = \sim 10°$.

Mineralele din grupul epidot-zoizitului pot să apară uneori în cantități mai mari (hornblenditele de pe culmea Braia) și se prezintă sub formă de granule proaspete.

Între tipurile de hornblendite au fost întîlnite și unele cu biotit (hornblenditele de pe culmea Sohodol).

Pe valea Merișoara au fost întîlnite filonașe de roci care, după compoziția lor mineralogică, corespund unui hornblendit tremolitic cu biotit.

4. *Serpentinitele* sînt larg dezvoltate pe valea Strugului, dealul Ciocanelor, culmea Braia, văile Sohodol, Merișoara, Căprișoara și culmea Lespezi.

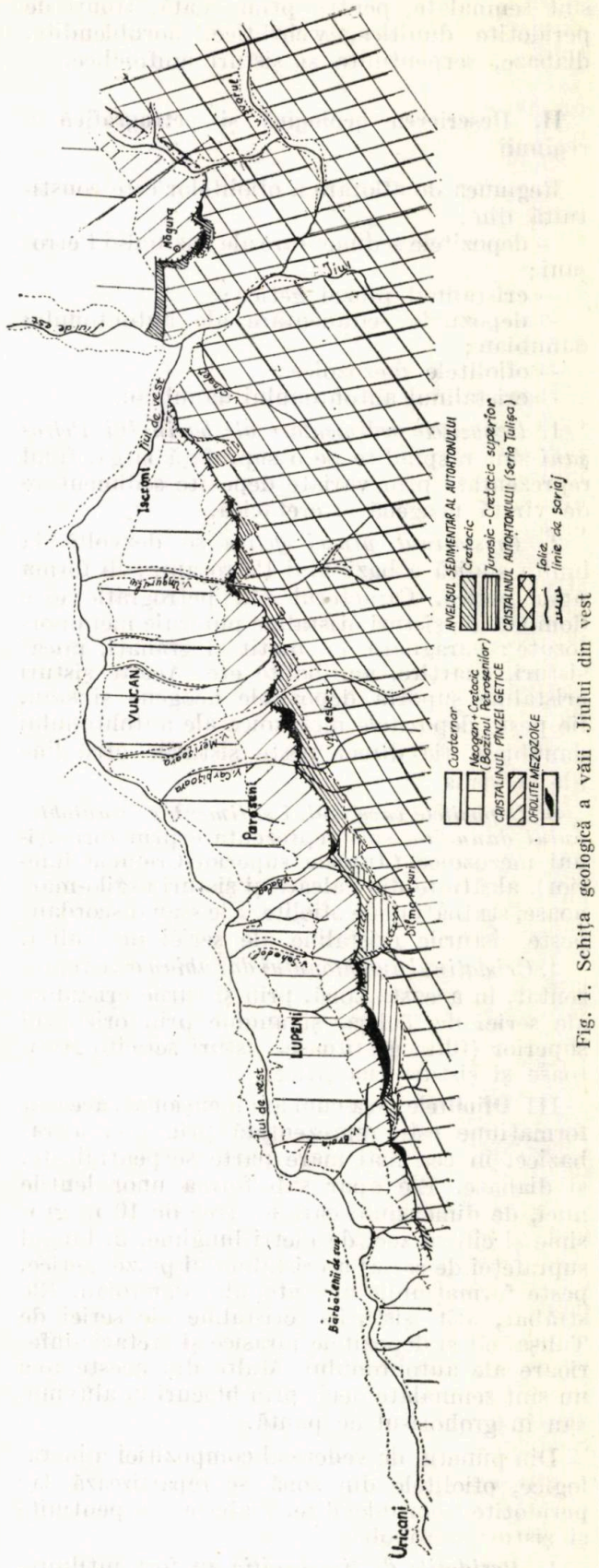



Fig. 1. Schița geologică a văii Jiului din vest

După relictele mineralogice și structurale s-au separat serpentinite apodunitice și serpentinite apoperidotitice.

Structura serpentinitelor apodunitice este predominant ocelară, amintind structura rocilor dunitice.

Rocile sînt constituite dintr-un sistem ocelar sau reticular format din fibre de crisotil și lamele de antigorit. În timp ce fibrele de crisotil mărginesc ocelele sau marchează reticulele, lamelele de antigorit ocupă, în general, ochiurile, cu rare relicte de olivină.

Unele din aceste serpentinite sînt însă puternic afectate de procesele de carbonatare și chiar de silicifiere. Odată cu aceste procese de carbonatare, rocile se îmbogățesc mult în pirită, cum sînt serpentinitele de pe culmea Braia sau valea Merișoara. Pe acest fond carbonatat, impregnat cu pirită, apar relicte sporadice de olivină, lamele de antigorit sau reticule de crisotil.

Serpentinitele apoperidotitice prezintă o structură reticular-pîsloasă, uneori cu aspecte porfirice, datorită cristalelor larg dezvoltate de amfiboli.

Pe fondul pîslos, fibros sau reticular, apar cristale, uneori fine, alteori larg dezvoltate, de tremolit. De multe ori, aceste cristale sînt transformate în solzi de clorit sau fibre de azbest. În procesul de transformare a tremolitului în clorit, de-a lungul clivajelor tremolitului, se observă o aglomerare mare de minereu. În aceste serpentinite, crisotilul este cu totul subordonat antigoritului. Alături de antigorit, cu aspecte penate, talcul și azbestul apar în cantități destul de mari.

Se întîlnesc și tipuri de roci cu aspecte orbiculare, în care orbiculele sînt formate din agregate solzoase de clorit, colorate succesiv în cercuri concentrice în tonuri mai închise sau mai deschise. Uneori, nucleul acestor orbicule este ocupat de lamele de clorit, care prezintă culori de birefringență anormale, albăstrui. Alteori, în interiorul orbiculelor cu clorit se întîlnesc relicte de diallag.

În unele tipuri de roci printre orbiculele de clorit sau cristalele larg dezvoltate de diallag (bastitizate sau uralitizate) sau relictele de olivină se insinuează cristale prismatice fine de tremolit sau actinot.

5. Unele roci hornblendice, datorită proceselor de metasomatism hidrotermal sau a metamorfismului regional, s-au transformat în *șisturi amfibolice*, cum sînt cele de pe văile Braia, Sohodol și culmea Ciocanelor.

Structura acestor roci este nematoblastică, iar textura paralelă. În compoziția lor mineralogică intră : tremolit, actinot, clorit, calcit, talc, pirită și cuarț.

Tremolitul apare sub formă de cristale prismatice lipsite de fețele terminale. Sub formă de incluziuni conține magnetit, uneori și rutil. Pe spărturi se observă solzi fini de talc. Uneori, acesta din urmă poate să apară în cantități mai mari, dînd naștere la șisturi amfibolice talcoase.

Toate tipurile de roci ultrabazice, mai mult sau mai puțin serpentinizate, sînt pigmentate puternic de hidroxizi de fier, care formează o peliculă subțire, de culoare galbenă, brună cu aspecte arborescente.

6. *Diabazele* au fost întîlnite pe culmea și valea Sohodolului. Sînt roci de culoare brun-negricioasă, cu pete albe sau verzui; prezintă o structură ofitică și o textură masivă, uneori variolitică sau spilitică. În compoziția lor mineralogică intră : plagioclazi, augit, olivină, biotit, hornblendă, minerale opace ± cuarț.

Într-o masă fundamentală amorfă, de culoare brun-cenușie neagră, se întîlnesc fenocristale de plagioclazi zonați (15—80% An), augit în cea mai mare parte uralitizat, biotit cloritizat, olivină serpentinizată sau transformată în goethit sau saponit.

În variolele care presară rocile se întîlnesc, fie cristale proaspete de calcit, fie agregate formate din calcit, cuarț, zeoliți, clorit și epidot.

7. *Caracterizarea chimică a rocilor ofiolitice*

Din tabelul de analize chimice (tab. 1) reiese că cele mai sărace roci în silice sînt peridotitele de tip wehrlitic (v. Merișoara) 38,90% și hornblenditele tremolitice (v. Merișoara) 35,42%, iar cele mai bogate în MgO sînt peridotitele de tip dunitic și wehrlitic (de pe văile Cărpișoara și Merișoara) și serpentinitele de pe v. Căprișoara. Cele mai limonitizate și hematitizate roci sînt șisturile amfibolice de pe v. Braia (fig. 1 și tab. 1).

Spectral, se observă că cele mai bogate roci în Cr sînt hornblenditele de pe v. Braia (0,2922% $Cr_2O_3$), iar cele mai bogate în nichel sînt peridotitele de tip dunitic (0,0827% NiO).

Pe baza formulelor cristalochimice s-a calculat și bilanțul geochimic pentru unele tipuri de roci. Astfel, din bilanțul geochimic efectuat între un peridotit dunitic și un serpentinit apodunitic reiese, în mod evident, procesul autometasomatic hidrotermal de calcifiere și silicifiere. În acest proces roca serpentinitică s-a îmbogățit în silice și calciu și a sărăcit în alumină și fier trivalent.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Na_{0,17}$ | $Ca_{0.66}$ | $Mg_{46,87}$ | $Fe^{+2}_{1.23}$ | $Fe^{+3}_{4,70}$ | $Al_{2,36}$ | $P_{0,005}$ | $Si_{35,35}$ | $OH_{59,54}$ |
| $Na_{0,14}$ | $Ca_{1,86}$ | $Mg_{46,76}$ | $Fe^{+2}_{1,06}$ | $Fe^{+3}_{1,94}$ | $Al_{1,38}$ | $P_{0\cdot005}$ | $Si_{39,01}$ | $OH_{54,75}$ |
| −0,03 | +1,20 | −0,11 | −0,07 | −2,76 | −0,98 | 0 | +3,66 | −5,29 |

În cazul hornblenditelor, bilanțul geochimic scoate în evidență procesul de silicifiere și alcalinizare (sodiu). În transformarea acestor roci în șisturi amfibolice, cum sînt cele de pe

v. Braia, a fost necesar un aport de sodiu și siliciu și concomitent de îndepărtarea unei cantități însemnate de magneziu.

Valorile parametrilor Niggli (tab. 2 și fig. 2) scot în evidență faptul că rocile se încadrează în tipul magmatic al peridotitelor hornblen-

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $K_{0,93}$ | $Na_{2,70}$ | $Ca_{9,94}$ | $Mg_{20,18}$ | $Fe^{+2}_{3,86}$ | $Fe^{+3}_{2,75}$ | $Al_{16,88}$ | $Ti_{0,28}$ | $P_{0,16}$ | $Si_{43,31}$ | $OH_{13,96}$ |
| $K_{0,67}$ | $Na_{4,01}$ | $Ca_{5,30}$ | $Mg_{11,87}$ | $Fe^{+2}_{6,81}$ | $Fe^{+3}_{2,43}$ | $Al_{17,05}$ | $Ti_{0,90}$ | $P_{0,10}$ | $Si_{46,16}$ | $OH_{19,80}$ |
| −0,26 | +1,31 | −4,64 | −8,31 | +2,95 | −0,32 | +0,17 | +0,62 | −0,06 | +2,85 | +5,84 |

*Tabelul 1*

**Analize chimice**

| Oxizii \ Locul de recoltare | Peridotit dunitic serpentinizat de pe v. Căprișoara | Peridotit wehrlitic serpentinizat pe de v. Merișoara | Hornblendit uralitizat de pe v. Braia | Hornblendit uralitizat de pe culmea Sohodol | Hornblendit tremolitic de pe v. Merișoara | Serpentinit de pe culmea Braia | Serpentinit de pe v. Căprișoara | Sist amfibolic de pe v. Braia | Sist amfibolic de pe v. Sohodol | Diabaz de pe v. Sohodol |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 40,05 | 38,90 | 45,72 | 49,30 | 35,42 | 40,12 | 44,05 | 49,58 | 47,27 | 47,19 |
| $TiO_2$ | — | — | 0,40 | 1,30 | — | — | — | 1,30 | 2,10 | 1,20 |
| $Al_2O_3$ | 2,28 | 2,68 | 15,15 | 8,23 | 2,22 | 1,79 | 1,33 | 15,57 | 14,90 | 15,72 |
| $Fe_2O_3$ | 7,11 | 6,93 | 3,88 | 4,10 | 2,95 | 5,09 | 2,94 | 3,51 | 6,03 | 4,30 |
| FeO | 1,67 | 1,18 | 4,90 | 7,61 | 0,90 | 1,44 | 1,44 | 8,78 | 7,48 | 5,16 |
| MnO | 0,09 | 0,10 | 0,17 | 0,09 | 0,23 | 0,18 | 0,12 | 0,18 | 0,08 | 0,18 |
| MgO | 35,40 | 35,80 | 14,20 | 14,30 | 28,10 | 16,30 | 35,20 | 8,50 | 7,50 | 5,30 |
| CaO | 0,70 | 0,98 | 9,80 | 11,34 | 10,36 | 8,96 | 1,96 | 5,32 | 8,82 | 8,82 |
| $Na_2O$ | 0,10 | 0,08 | 1,48 | 1,48 | 0,08 | 0,13 | 0,08 | 2,23 | 2,02 | 4,04 |
| $K_2O$ | — | — | 0,77 | 0,43 | — | 0,12 | — | 0,57 | 0,41 | 1,63 |
| $P_2O_5$ | 0,01 | 0,01 | 0,20 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,14 | 0,24 | 0,12 |
| NiO | 0,08 | 0,057 | 0,032 | 0,002 | 0,035 | 0,064 | 0,010 | 0,030 | 0,002 | 0,004 |
| $Cr_2O_5$ | 0,073 | 0,073 | 0,292 | 0,029 | 0,022 | 0,037 | — | 0,004 | 0,003 | 0,006 |
| $CO_2$ | 1,38 | 0,27 | 0,51 | 0,31 | 10,67 | 14,15 | 2,97 | 0,51 | 0,63 | 4,10 |
| $H_2O^+$ | 10,12 | 11,71 | 2,21 | 0,94 | 8,21 | 11,05 | 9,19 | 3,19 | 2,02 | 1,50 |
| $H_2O^-$ | 0,65 | 1,00 | 0,18 | 0,12 | 0,45 | 0,23 | 0,35 | 0,23 | 0,17 | 0,32 |
| P.C. | 12,15 | 12,98 | 2,90 | 1,37 | 19,33 | 25,45 | 12,51 | 3,93 | 2,82 | 5,92 |

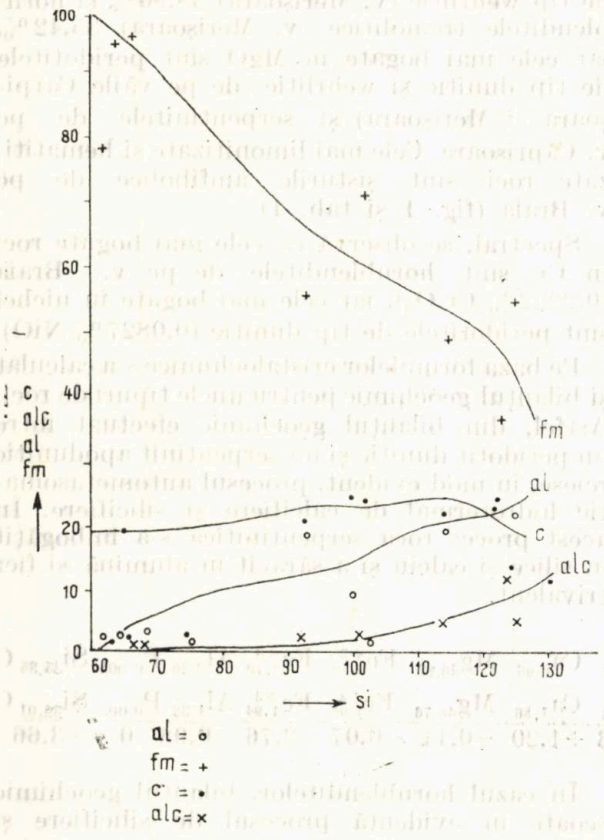



Fig. 2. Diagrama tendințelor de variație a parametrilor Niggli în funcție de si.

dice, cu mențiunea că sînt ceva mai sărace în *fm* și *si*. Se observă, de asemenea, că cele mai sărace roci în *qz* sînt hornblenditele tremolitice, iar cele mai bogate sînt serpentinitele de pe culmea Braia și șisturile amfibolice de pe v. Braia.

Din diagrama de variație *mg* : *c/fm* (fig. 3) reiese că majoritatea rocilor se plasează în cîmpurile $Ca < \frac{Fe+Mg}{2}$ și $Mg > Fe > Ca$. Excepție

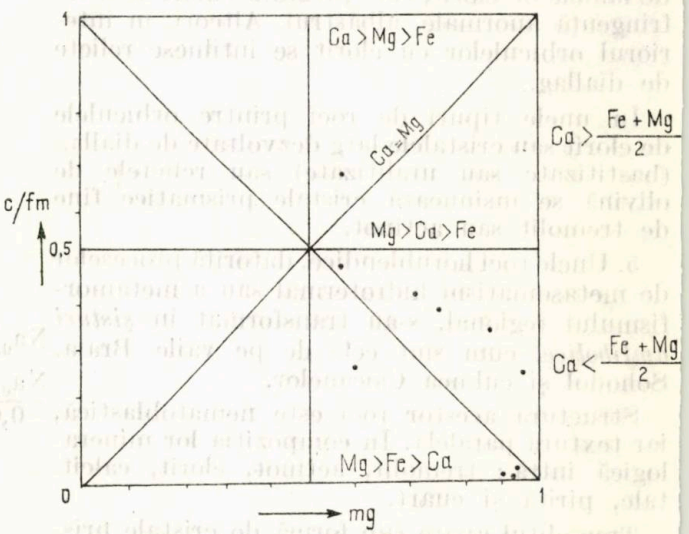



Fig. 3. Diagrama de variație *mg* : *c/fm*

*Tabelul 2*

**Valorile parametrilor Niggli**

| Nr. crt. | si | al | fm | c | alc | k | mg | ti | p | qz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 33,44 | 1,11 | 47,78 | 0,62 | 0,08 | — | 0,45 | — | 0,003 | —16,49 |
| 2 | 32,15 | 1,30 | 47,42 | 0,86 | 0,06 | — | 0,46 | — | 0,003 | —17,74 |
| 3 | 43,47 | 8,47 | 25,65 | 9,98 | 1,82 | 0,11 | 0,3 | 0,28 | 0,07 | — 9,74 |
| 4 | 47,21 | 4,63 | 28,15 | 11,63 | 1,63 | 0,07 | 0,33 | 0,93 | 0,03 | — 5,37 |
| 5 | 31,01 | 1,14 | 38,70 | 9,72 | 0,06 | — | 0,47 | — | 0,05 | —18,88 |
| 6 | 50,20 | 1,31 | 34,67 | 12,01 | 0,25 | 0,18 | 0,42 | — | 0,004 | + 0,94 |
| 7 | 37,59 | 0,66 | 47,11 | 1,79 | 0,06 | — | 0,47 | — | 0,003 | —12,31 |
| 8 | 54,84 | 10,12 | 23,81 | 6,30 | 2,77 | 0,06 | 0,25 | 1,07 | 0,05 | + 0,69 |
| 9 | 51,79 | 9,60 | 21,70 | 10,35 | 2,42 | 0,05 | 0,25 | 1,72 | 0,11 | — 2,00 |
| 10 | 46,56 | 9,12 | 13,82 | 9,32 | 4,88 | 0,08 | 0,20 | 0,88 | 4,97 | —10,13 |

de la această repartiție face hornblenditul tremolitic, care se plasează în cîmpul Ca > > Mg > Fe.

## Concluzii

Rocile ofiolitice fiind formate, mai ales, din minerale melanocrate, la cea mai mică modificare a condițiilor termodinamice și chimice se transformă și dau naștere la minerale noi. Astfel, pe seama peridotitelor iau naștere variate tipuri de roci serpentinice. Uneori, transformările metasomatice au loc în prezența $CO_2$ și atunci transformarea mineralelor serpentinice, formate pe seama olivinei, merge mai departe și iau naștere talcul, azbestul (crisotilic) și chiar magnezitul. Magmele magneziene au cea mai mare capacitate de a reține apa; apa necesară pentru procesele de serpentinizare fiind primară, nu este necesară apă de infiltrație. Întrucît la serpentinizare soluțiile necesare desăvîrșirii procesului se găsesc în magma însăși, înseamnă că avem de-a face cu procese de autometasomatism. Faptul că elementele feruginoase sînt neoxidate și nehidratate pledează, în parte, pentru ipoteza că serpentinizarea are loc în timpul consolidării magmei.

Fenomenele de autohidratare nu se termină aici, transformările putînd continua prin modificarea serpentinitelor în șisturi talcoase. Aceste transformări însă nu mai sînt legate, în mod obligatoriu, de autometasomatism, întrucît soluțiile apoase necesare acestor procese pot avea origini cu totul diferite și nu trebuie să fie legate numai de magmă.

În rocile, în general, sărace în olivină fenomenele de serpentinizare sînt sporadice, în schimb se întîlnesc frecvent cele de bastitizare, uralitizare, tremolitizare, epidotizare, biotitizare sau cloritizare.

Este știut că, în general, în dunite conținutul în crom variază foarte mult (3—40%). În peridotitele dunitice și serpentinitele lor, din zona cercetată, conținutul în crom variază de la 0,0500 la 0,0250% ($Cr_2O_5$ = 0,0730—0,0365%). Cele mai bogate în crom sînt hornblenditele de pe v. Braia, în care $Cr_2O_5 = 0{,}2922\%$.

Atît conținutul, cît și calitatea minereurilor de crom sînt determinate de o serie de factori: compoziția magmei primordiale, cantitatea volatililor din magma reziduală, caracterul presiunilor etc.

În ceea ce privește mineralizațiile de nichel, acestea sînt legate, îndeosebi, de cele sulfurice primare din rocile ultrabazice. Formarea acestora are loc, în mare parte, în mod analog cu formarea mineralizațiilor de crom. Mineralizațiile de nichel pot lua naștere și la temperaturi mai scăzute, pe calea proceselor de hipergeneză. Pentru rocile ultrabazice trebuie avut în vedere însă că o parte din nichel nu este cuprins în sulfuri izolate, ci reprezintă o fază dispersă, care intră ca adaos izomorf în olivine.

Rocile ultrabazice și serpentinitele lor, mai ales serpentinitele supuse procesele orogene, în special celor de alterare sub influența oxigenului, a bioxidului de carbon și a apei, pot da naștere la o serie de minerale noi. Numărul lor este în funcție de compoziția chimică a elementelor petrogenetice și a celor metalogenetice primare. Astfel, elementele cu valențe mici (Mg în olivină sau în mineralele serpentinice etc.) dau naștere la minerale silicatate de nichel (garnierit, newdinskit), iar cele capabile să formeze cu $CO_2$ bicarbonat ușor solubil trec în părțile inferioare ale păturii de alterare sub formă de magnezit etc. Elementele chimice stabile, care nu se descompun sub acțiunea agenților externi, se acumulează și trec în aluviuni (cromit, platină, diamant etc.).

### Bibliografie


[1] Manolescu, G. *Studiul geologic și petrografic a regiunii Văii Jiului*. Acad. Rom. Mem. Secț. St., seria III, tom XII, 1937, București.

[2] Murgoci, G. *Originea serpentinelor din Carpații românești*. D.s. Inst. Geol. Rom., v. III, 1912, București.

[3] Nopcsa, F. *Zur Geologie der Gegend zwischen Gyulafehévár, Deva, Ruskabanya und der rumänischen Landsgrenze*. Jahrb. d.k. mag. geol. Anst. Bd. XIV, Heft 4, 1905, Budapest.

[4] Pavelescu, L. *Rocile ultrabazice şi serpentinitele lor din Carpaţii Meridionali*. An. Rom. Sov. Geol.-geogr., nr. 2, 1956, Bucureşti.
[5] Pavelescu, L., Pavelescu Maria *Geologia şi petrografia văii Jiului de vest între Oslea şi Petroşani*. An. Inst. Geol., v. XXXIII, 1964, Bucureşti.
[6] Pavelescu Maria *Studiul petrografic asupra ofiolitelor din baza pînzei getice din bazinul Văii Jiului românesc*. Arh. Inst. Geol. Geof., 1973.
[7] * * * *Harta geologică şi text, foaia Orăştie* (1968), sc. 1 : 200.000.
[8] * * * *Harta geologică şi text, foaia Tîrgu Jiu* (1968), sc. 1 : 200.000.
[9] * * * *Harta geologică, foaia Petroşani*, 1 : 50.000 (manuscris), I.G.G.
[10] * * * *Harta geologică, foaia Lupeni*, 1 : 50.000 (manuscris), IG.G.

# Principalele unităţi litostratigrafice din preneojurasicul Platformei moesice

Dr. geol. **D. Paraschiv**

Cuvertura sedimentară preneojurasică a Platformei moesice, în grosime de aproape 10 000 m (fig. 1), se caracterizează printr-o marcantă neuniformitate litologică. Variaţia respectivă, pe de-o parte, şi necesităţile de ordin ştiinţific şi economic, pe de altă parte, au determinat pe geologii din industria petrolieră să separe încă de la începuturile explorării platformei [1], mai multe diviziuni litostratigrafice în cadrul acestei cuverturi. Pe măsura aprofundării cunoaşterii depozitelor sedimentare în discuţie, posibilităţile individualizării unor astfel de termeni au sporit, fapt oglindit de literatura de specialitate. Între timp, mai ales după publicarea recomandărilor U.I.S.G. [2], a avut loc o modificare a criteriilor şi normelor care stau la baza definirii unităţilor litostratigrafice, motiv pentru care unii dintre termenii delimitaţi în decursul ultimilor 20 ani nu mai corespund sub aspectul conţinutului, rangului şi al nomenclaturii. Articolul de faţă încearcă o sistematizare a datelor disponibile şi redefinirea, într-o concepţie unitară (pornind de la prevederile „Codului Hedberg"), a entităţilor litostratigrafice preneojurasice.

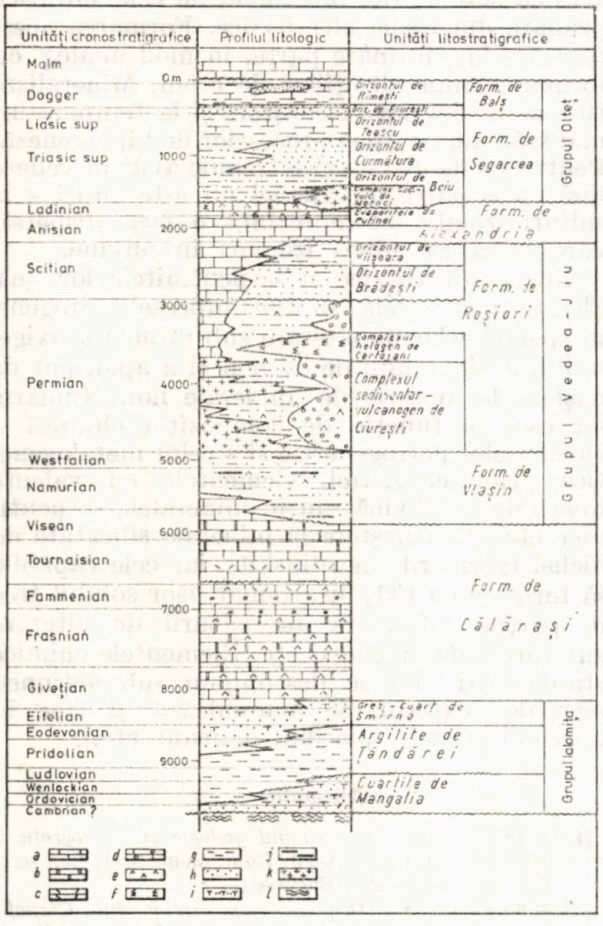



Fig. 1. Subdiviziunile crono şi litostratigrafice la nivelul preneojurasicului din Platforma moesică :

*a* — calcare ; *b* — dolomite ; *c* — calcare recifale ; *d* — calcarenite ; *e* — gipsuri sau anhidrite ; *f* — sare (halite) ; *g* — argile sau marne ; *h* — gresii sau nisipuri ; *i* — cuarţite şi gresii cuarţitice ; *j* — strate cu cărbune ; *k* — roci eruptive ; *l* — fundament metamorfic.

În baza cuverturii sedimentare a fost separată o secvenţă de depozite, aproape exclusiv detritică, în grosime de 2 000—2 200 m. Mai bine cercetate în partea sud-estică a Platformei moesice, unde prezintă şi dezvoltarea cea mai completă, aceste depozite au fost încadrate în „Grupul Ialomiţa" [14]. La rîndul lui, Grupul Ialomiţa se compune din trei unităţi litostratigrafice cu rang de formaţiune care, începînd din baza cuverturii, sînt : Cuarţitele de Mangalia (100—600 m), Argilitele de Ţăndărei (300—800 m) şi Grezo-cuarţitele de Smirna (100—600 m). Caracteristicile litofaciale, conţinutul paleontologic, stratotipurile, ariile de răspîndire (în sectorul estic al platformei, inclusiv Dobrogea de sud) şi relaţiile dintre formaţiunile în discuţie, precum şi raporturile lor cu termenii adiacenţi au fost prezentate în cîteva lucrări elaborate recent [9; 14]. În pofida diferenţierii lor litostratigrafice, aceste formaţiuni se caracterizează prin limite heterocrone deşi, în cele mai multe cazuri, între ele există continuitate de sedimentare. Faptul a

fost explicat prin regimul geodinamic activ și diferențiat al principalelor segmente de scoarță care alcătuiesc Platforma moesică [9].

Grupului Ialomița îi urmează o stivă groasă (pînă la 2 800 m) de depozite carbonatice, care alcătuiesc Formațiunea de Călărași. Într-un prim studiu al cercetărilor [3] s-a considerat că depozitele respective alcătuiesc o unitate litostratigrafică cu rang de grup („Grupul carbonatat-evaporitic"). Ulterior s-a constatat că, pe fondul carbonatic al sedimentării, numeroasele varietăți petrografice reprezintă diferențieri locale de facies și, ca urmare, secvenței în discuție nu i se poate atribui decît rang de formațiune [12]. Alcătuirea litologică, variația grosimilor, aspectele paleontologice, stratotipul și paleoenvironmentul au fost discutate începînd din anul 1974 [3; 12; 15].

Cuvertura sedimentară a platformei continuă cu o altă puternică secvență de depozite predominant detritice, care alcătuiește Grupul Vedea-Jiu. Această denumire se propune, pentru prima dată, în prezentul articol. La rîndul lui, Grupul Vedea-Jiu, ce poate ajunge la grosimi de 3 700 m, se compune din două mari unități litostratigrafice, respectiv Formațiunea de Vlașin și Formațiunea de Roșiori.

Formațiunea de Vlașin [13] se referă la aceleași depozite (100—1 000 m grosime) care, într-o etapă anterioară, au fost incluse la „Formațiunea detritică superioară". La vest de rîul Argeș, studiul complex al termenului menționat a fost elaborat în 1974 [3], în timp ce pentru partea răsăriteană a platformei cercetările corespunzătoare s-au întreprins mai tîrziu [15]. Nota caracteristică a acestei formațiuni este dată de depozitele paralice cu cărbuni sau resturi cărbunoase, dar în limitele ei se întîlnesc și orizonturi cu elemente evaporitice (gips, anhidrit). Momentul trecerii de la sedimentarea de tip carbonatic a Formațiunii de Călărași la cea de tip paralic este diferit pe cuprinsul Platformei moesice. La sud de Dunăre, pe teritoriul bulgar, acesta începe din Visean cu „Seria de Trigorsk", în timp ce în zona Periș schimbarea se produce în timpul Namurianului. Relațiile cu entitatea de deasupra, Formațiunea de Roșiori, nu se cunosc. Limita dintre termenii litostratigrafici amintiți a fost trasată acolo unde dispar elementele cărbunoase.

Formațiunea de Roșiori se identifică cu ceea ce a fost definit mai înainte [1] „Seria roșie inferioară". Aceasta este alcătuită din depozite predominant continentale care pot însuma 2 700 m grosime. Partea bazală, corespunzătoare Permianului [6], se caracterizează printr-o mare și bruscă variație litologică, determinată de procesul de rifting, care a avut loc la sfîrșitul diastrofismului varisc. În cadrul acestei secvențe bazale a fost definit Complexul sedimentar-vulcanogen de Ciurești, precum și Complexul halogen de Cartojani [10], ambele cu dezvoltări locale. Relațiile dintre cele două complexe nu apar clare, dar ținîndu-se seama că în alte bazine sedimentare halitele urmează, de regulă, evenimentelor magmatice, se presupune că sarea de la Cartojani este mai recentă decît curgerile de rhyolite, bazalte și melafire, întîlnite în mai multe sectoare ale platformei.

Deasupra secvenței discutate mai înainte, dar în cadrul aceleeași Formațiuni de Roșiori, s-au separat alte două entități, cu rang de orizont, denumite Orizontul grezos de Brădești (50—500 m) și Orizontul pelitic de Viișoara (20—300 m). Ambele orizonturi, aparținînd triasicului inferior (scitianului), s-au depus pe tot cuprinsul Platformei moesice, discontinuitățile actualelor arii fiind cauzate, fie de variațiile litofaciale locale, fie, mai ales, de către denudație.

Formațiunea de Alexandria (20—1 800 m) este echivalentă, în linii mari, „Seriei" sau „formațiunii carbonatice triasice". Deși termenul de „Alexandria" se propune cu această ocazie, ținîndu-se seama că depozitele respective au o dezvoltare maximă în zona orașului cu același nume, caracteristicile litologice, conținutul biostratigrafic, aria de răspîndire, stratotipul și variațiile ei de grosime au fost examinate și discutate anterior [11; 9]. În legătură cu această formațiune, necesită subliniat caracterul heterocron al limitei sale inferioare. Dacă la scara întregii platforme, sedimentarea de tip carbonatic s-a generalizat odată cu Triasicul mediu (Anisianul), la sud de București depunerea calcarelor a început din scitianul timpuriu, dacă nu din permian, iar în presupusa zonă de trench (Craiova—Ciurești—Sud Periș), probabil încă din permianul mediu. Secvența carbonatică în discuție include Orizontul evaporitelor de Putinei, bine individualizat în depresiunea Roșiori—Alexandria. Pe lîngă anhidrite, acesta include, în cîteva sonde, și halite [10].

Grupul Olteț (pînă la 1 800 m) este format din depozite predominant terigene, aparținînd triasicului superior și jurasicului bazal, pînă la nivelul callovianului inferior, inclusiv. În componența acestui grup intră Formațiunea de Segarcea [8] și Formațiunea de Balș.

Formațiunea de Segarcea (50—1 200 m) se confundă, de fapt, cu ceea ce altădată s-a definit drept „Seria roșie superioară" [1]. Neomogenitatea litofacială a termenului menționat a impus separarea, în cadrul lui, a trei subdiviziuni litostratigrafice cu rang de orizont, individualizabile, mai ales, în partea sudică a platformei: Orizontul argilos-grezos de Beiu (în bază), Orizontul grezos-nisipos de Curmătura și Orizontul argilo-calcaros de Teascu. În zona Chiriacu, din sud-estul Platformei moesice, diferențierile litologice se atenuează, astfel încît întreaga formațiune devine argilitică-siltică. Pe de altă parte, în jumătatea

nord-vestică a Cîmpiei române, mai ales între Slatina şi Craiova, s-au evidenţiat vechi curgeri de lave bazice, uneori în alternanţă cu depozite sedimentare. Această secvenţă a fost definită „Complexul sedimentar-vulcanogen de Motoci". Unii geologi petrolişti preferă să localizeze complexul cu vulcanite în Formaţiunea de Alexandria, în timp ce autorul articolului de faţă îl plasează în baza Formaţiunii de Segarcea, ţinînd seama de faptul că el include intercalaţii (uneori destul de groase) de roci terigene.

Formaţiunea de Balş (50—500 m), spre deosebire de termenul precedent, este alcătuită din sedimente marine şi cunoscute sub denumirea improprie de „Dogger" (deşi include depozite triasic-superioare pînă la malm inferioare), sau de „Formaţiunea detritică jurasică" [4]. La baza termenului discutat se dezvoltă Orizontul grezos de Făureşti, iar la partea superioară — Orizontul argilos de Rîmeşti. Între Formaţiunea de Balş şi Formaţiunea de Segarcea sînt raporturi de discordanţă.

Prezentul articol reprezintă o primă încercare de sistematizare şi uniformizare a terminologiei litostratigrafice, pornindu-se, pe de-o parte de la gradul de cunoaştere geologică existent, iar pe de altă parte, de la recomandările U.I.S.G. O astfel de încercare constituie, în acelaşi timp, şi o propunere, determinată de obligaţia ce ne revine de a progresa în domeniul geologiei petrolului, ştiut fiind că terminologia şi modul de exprimare reflectă, de regulă, stadiile maturităţii gîndirii.

**Bibliografie**


[1] Grigoraş, N., Pătruţ, I., Popescu, M. *Contribuţii la cunoaşterea evoluţiei geologice a Platformei moesice de pe teritoriul R.P.R.* Asoc. geol. carp.-balc., Congr. V, IV, 115—131, Bucureşti, 1963.

[2] Hedberg, H. *Preliminary report on lithostratigraphic units.* Intern. Geol. Congr., Rep. 3, 30, Montreal, 1970.

[3] Paraschiv, D. *Studiul stratigrafic al Devonianului şi Carboniferului din Platforma moesică, la vest de rîul Argeş.* St. tehnice şi economice, j/12, p. 165, Bucureşti, 1974.

[4] Paraschiv, D. *Contribuţii la cunoaşterea formaţiunii detritice jurasice din Platforma moesică.* Mine, Petrol şi Gaze, **7**, p. 330—335, Bucureşti, 1978.

[5] Paraschiv, D. *Contribuţii la cunoaşterea Permianului din Platforma moesică.* Mine, Petrol şi Gaze, **9**, p. 429—434, Bucureşti, 1978.

[6] Paraschiv, D. *Consideraţii asupra poziţiei stratigrafice şi vîrstei unor magmatite efuzive din Platforma moesică.* St. cerc. geol., geof., geogr., seria geol., **2**, p. 291—298, Bucureşti, 1978.

[7] Paraschiv, D. *Platforma moesică şi zăcămintele ei de hidrocarburi.* Ed. Academiei R.S.R., 195, Bucureşti, 1979.

[8] Paraschiv, D. *Asupra conţinutului litostratigrafic al Formaţiunii de Segarcea.* Mine, Petrol şi Gaze, **1—2**, p. 77—81, Bucureşti, 1981.

[9] Paraschiv, D. *Diacronismul limitelor unor termeni litostratigrafici prejurasici din Platforma moesică.* Ses. şt. Univ. Iaşi, Stratigr.-geologie regională, Iaşi, oct. 1981.

[10] Paraschiv, D. *Formations saliferes de la Plate-forme moesique (Roumanie).* Asoc. Géol. Carp.-Balc., XII, Stratigr., Bucarest, 1981.

[11] Paraschiv, D., Dăneţ, N., Popescu, M. *Date noi referitoare la vîrsta formaţiunii carbonatice triasice din Platforma moesică.* Mine, Petrol şi Gaze, **5**, p. 244—246, Bucureşti, 1978.

[12] Paraschiv, D., Dăneţ, N., Popescu, M. *Aspecte geologice ale Formaţiunii de Călăraşi.* Mine, Petrol şi Gaze, **11—12**, p. 572—578, Bucureşti, 1979.

[13] Paraschiv D., Popescu, M. *Formaţiunea de Vlaşin. Noi date biostratigrafice şi litofaciale.* Mine, Petrol şi Gaze, **6**, p. 313—315, Bucureşti, 1980.

[14] Paraschiv, D. ş.a. *The present stage of Pre-jurasic deposit knowledge in South Dobrogea.* Carp.-Balc. Geol. Asoc., XII Congr. Stratigr., Bucharest, 1981.

[15] Paraschiv, D. ş.a. *Studiul geologic complex al Dobrogei de sud şi al Munteniei de sud-est, cu privire specială asupra formaţiunilor prejurasice.* Arhiva M.P., Bucureşti, 1981.

# INFORMAŢII

## Teză de doctorat

În ziua de 31 octombrie 1981 a avut loc la Institutul de Mine din Petroşani susţinerea publică a tezei de doctorat intitulată **Contribuţii la optimizarea parametrilor tehnologici ai metodelor de exploatare cu surpare în subetaje aplicate zăcămintelor metalifere de tip stock, cu referire la zăcămîntul cuprifer Deva** a ing. *GEORGESCU MIRCEA*, şef de lucrări la catedra de exploatări miniere şi topografie de la Institutul de Mine Petroşani.

Lucrarea de doctorat a fost elaborată sub conducerea ştiinţifică a prof. dr. doc. ing. Aron Popa, iar comisia de analiză a tezei a fost constituită din conf. dr. ing. Cornel Hirian — preşedinte, dr. ing. Aurel Lăpuşcă, prof. dr. ing. Vasile Popa şi dr. ing. Nicolae Zăvoianu — membri.

Autorul tezei a luat în studiu o problemă de deosebită actualitate, cu multiple implicaţii în valorificarea la un nivel superior a resurselor minerale ale ţării noastre, înscriindu-se sub acest aspect în orientările date de conducerea partidului şi statului nostru privind exploatarea raţională a zăcămintelor de substanţe minerale utile, creşterea producţiei şi scăderea costurilor produsului util.

În rezumat, conţinutul lucrării este următorul.

Capitolul 1 se referă la condiţiile geologice şi tehnico-miniere pentru aplicarea metodelor de exploatare cu surpare la zăcămintele metalifere, făcîndu-se şi o prezentare a unor variante aplicate la diferite zăcăminte pe plan mondial şi la noi în ţară.

În încheierea capitolului sînt prezentate perspectivele extinderii metodelor de exploatare cu surpare în subetaje la minele metalifere din România.

Capitolul 2 tratează stadiul actual privind optimizarea parametrilor tehnologici ai metodelor de exploatare cu surpare aplicate zăcămintelor metalifere. Se face prezentarea succintă a metodelor de optimizare aplicate pentru rezolvarea problemelor miniere şi a rezultatelor cercetării efectuate în străinătate şi în ţara noastră privind modelarea economico-matematică pentru optimizarea parametrilor metodelor de exploatare aplicate zăcămintelor metalifere.

Capitolul 3 prezintă bazele teoretice şi metodologice pentru alcătuirea modelului economico-matematic, în vederea optimizării parametrilor metodelor de exploatare aplicate zăcămintelor metalifere. Pornind de la modelul general al minei, ca obiect al conducerii, se redă schema structurală a acestuia, cu indicarea parametrilor de intrare, de reglaj, perturbatori şi de ieşire, după care se arată principiile care stau la baza admiterii ca subsisteme a proceselor tehnologice : pregătirea, perforarea-împuşcarea, evacuarea şi transportul minereului. În continuare se prezintă etapele cercetării operaţionale pentru optimizarea sistemului sau subsistemului ales, cu expunerea criteriilor de optimizare.

Capitolul 4 tratează caracteristicile geologo-miniere ale zăcămîntului şi tehnologiile de lucru aplicate la mina Deva, alegerea ca sistem sau unitate tehnologică de optimizat a subetajului, stabilirea criteriilor de optimizare ş.a.

Este elaborată o schemă structurală a principalilor parametri tehnologici care influenţează valoarea indicatorilor subetajului.

Pentru trecerea metodologiei de optimizare a parametrilor tehnologici pe un sistem de prelucrare automată a datelor, se arată necesitatea stabilirii unor relaţii logice şi matematice şi a unor restricţii de ordin general, care să se poată exprima în formule şi apoi programa. Pentru rezolvarea lor autorul recurge la metodele de analiză matematică şi de statistică matematică.

Capitolul 5 abordează modelarea subsistemului „pregătirea subetajului" analizînd două variante de pregătire a unui subetaj din cadrul zăcămîntului cuprifer Deva. Se dau relaţiile de calcul pentru stabilirea distanţei de siguranţă a lucrărilor miniere de deschidere faţă de zăcămînt, calculul volumului lucrărilor de pregătire aferente subetajului pentru cele două variante şi se dau costurile lucrărilor de pregătire. În final se alcătuieşte modelul economico-matematic al subsistemului „pregătirea subetajului". În acest scop se redau funcţiile scop ale costurilor lucrărilor de pregătire în cele două variante, parametrii de optimizat şi dependenţele funcţionale.

Capitolul 6 cuprinde modelarea subsistemului „abatarea subetajului". Se prezintă mijloacele tehnice utilizate la perforarea găurilor de mină, iar pentru stabilirea interdependenţelor dintre caracteristicile tehnice ale utilajului de perforat şi condiţiile geologico-miniere ale zăcămîntului Deva, în scopul optimizării parametrilor de abataj, s-au făcut observaţii şi măsurători prin cronometrări asupra complexului de operaţii legate de perforarea găurilor de mină lungi, amplasate în evantai. Pentru stabilirea corelaţiei dintre viteza mecanică de perforare şi lungimea găurii de mină, autorul a efectuat măsurători ale timpului de perforare pentru diferite lungimi ale găurilor de mină. Caracterul legăturii dintre vitezele mecanice de perforare şi lungimea găurii de mină se evidenţiază statistic, iar ecuaţia, de formă exponenţială, s-a stabilit cu ajutorul calculatorului. Se determină viteza medie de perforare, timpul mediu de perforare şi productivitatea pe schimb a instalaţiei de perforare. Din calculele efectuate rezultă valoarea lungimii pentru care timpul de perforare este minim şi, în consecinţă, productivitatea pe schimb este maximă, precum şi domeniul optim al lungimii medii a unei găuri de mină pentru care productivitatea nu scade cu mai mult de 10—20% faţă de valoarea maximă.

În baza acestor calcule rezultă posibilitatea alegerii unei lungimi medii a găurilor de mină de 12,5 m faţă de 5,5 m cit se realizează în prezent şi o lungime maximă de 25 m.

O altă operaţie care a stat în centrul preocupărilor autorului este operaţia de încărcare mecanizată cu exploziv a găurilor de mină. În această direcţie, se prezintă dispozitivul mecanic DIAM—25 pentru încărcarea mecanizată a amestecurilor explozive simple granulare în găurile de mină, dispozitiv conceput şi realizat de cadrele tehnice ale Exploatării miniere Deva. Autorul are în vedere rezultatele cercetărilor efectuate pe plan mondial cit şi datele experimentale de la Exploatarea minieră Deva, cu ajutorul cărora elaborează o bază teoretică a procesului de formare a încărcăturilor de exploziv în vrac, transportat pneumatic în gaura de mină. În contextul fundamentării teoretice, se stabilesc valorile parametrilor de bază ai procesului de mecanizare a încărcării găurii de mină, valori de o deosebită importanţă practică cum sînt : distanţa de la capătul furtunului la încărcătura de exploziv din gaura de mină, viteza de ieşire a granulelor din furtun şi viteza de ciocnire a unei particule cu încărcătura de exploziv formată în gaura de mină. Din confruntarea datelor obţinute pe cale analitică, conform raţionamentelor teoretice elaborate de autor şi datele experimentale, rezultă că dispozitivul DIAM—2 corespunde necesităţilor practice fiind competitiv cu alte dispozitive din străinătate, iar pe de altă parte rezultă că teoria elaborată de autor poate sta la baza procesului de reglare automată a încărcării mecanizate a găurilor de mină.

În ce priveşte amplasarea găurilor de mină în fronturile de subetaj, autorul opiniază pentru schema de amplasare în evantaie monoconcentrice. Executarea evantaiului monoconcentric este analizată în două variante în cadrul cărora se determină parametrii reţelei de amplasare în evantai a găurilor de mină : numărul şi lungimea găurilor de mină dintr-un evantai, linia de minimă rezistenţă, distanţa pe normală între talpa găurilor de mină şi consumul specific de exploziv.

Pentru determinarea numărului de găuri şi a lungimilor pe întreg evantaiul, autorul stabileşte o serie de relaţii analitice generale pe care le transpune şi în nomograme ce permit obţinerea cu uşurinţă a valorilor acestor parametri. Pentru stabilirea consumului specific de exploziv, autorul calculează

coeficienții de variație a acestuia în funcție de capacitatea de lucru a explozivului, tăria rocilor, greutatea lor volumetrică, diametrul găurii de mină și dimensiunea impusă a bucăților de rocă. În vederea stabilirii parametrilor rețelei de amplasare a găurilor de mină se elaborează un model matematic multifactorial pentru a cărui utilizare practică s-a constituit o nomogramă ce permite determinarea rapidă a acestor parametri. În continuare se calculează costul lucrărilor de abatare corespunzătoare unui subetaj și se alcătuiește modelul economico-matematic al subsistemului „abatarea subetajului".

Capitolul 7 tratează modelarea subsistemului „încărcarea și evacuarea minereului în subetaj". Pe baza datelor rezultate din cronometrări pentru stabilirea duratei unui ciclu de încărcare-transport cu mașina MIS—1 P, aplicînd metodele statistice, se determină și se întocmește diagrama de corelație între productivitatea mașinii de încărcat și distanța de transport, iar pentru determinarea condițiilor optime de lucru se analizează elementele costului unitar, care sînt influențate de distanța de transport și se alcătuiește modelul economic al acestui subsistem.

Capitolul 8 stabilește restricțiile de funcționare a unității tehnologice de optimizat „subetajul". După prezentarea indicatorilor care definesc diluția și pierderile tehnologice și modul lor de urmărire în cadrul Exploatării miniere Deva, se stabilesc, pe baza acestor date, prin metode statistice, corelația între conținutul mediu al rezervei excavate și adîncimea de exploatare. O altă problemă care este analizată se referă la evacuarea minereului din fronturile de subetaj. După o prezentare succintă a datelor obținute prin experimentările pe modele și cercetările efectuate în străinătate și în țară și coroborarea acestora cu observațiile autorului la E.M. Deva, se analizează parametrii geometrici ai metodei de exploatare cu surpare în subetaje la E.M. Deva și se dau soluții privind: amplasarea galeriilor de subetaj, mărimea și forma galeriilor de subetaj, înclinarea frontului de subetaj, pasul de împușcare, înălțimea subetajului și lățimea pilierului dintre galeriile de subetaj. Se analizează capacitățile de transport pe galeriile de pregătire ale subetajului, pe galeria de bază a unui orizont, capacitatea de tranzit a unei rampe a puțului de extracție și capacitatea de extracție pe puț. În final sînt prezentate unele considerații privind realizarea planului de minereu și metal în condițiile scăderii în adîncime a rezervei de minereu și a conținutului de metal în zăcămînt.

Capitolul 9 se referă la stabilirea și rezolvarea „modelului economico-matematic general pentru unitatea tehnologică de optimizat subetajul". Se procedează la formularea matematică a modelului economico-matematic, prezentîndu-se graful de variante în funcție de care se alcătuiește algoritmul general. Autorul efectuează analiza rezultatelor obținute prin rezolvarea cu ajutorul calculatorului a modelului economico-matematic, general stabilit pentru unitatea tehnologică de optimizat—subetajul.

În încheierea capitolului autorul propune o variantă tehnologică a metodei de exploatare cu surpare în subetaje ce poate fi aplicată zăcămîntului cuprifer Deva și se prezintă efectele economice ale acesteia, comparativ cu cea aplicată în prezent.

Ținînd seama de opiniile comisiei de doctorat și a specialiștilor din producție, cercetare și învățămînt se poate formula concluzia potrivit căreia teza de doctorat elaborată de ing. *Georgescu Mircea* reprezintă o lucrare tehnică de un înalt nivel științific, extrem de utilă mineritului metalifer din țara noastră. Soluțiile și concluziile cuprinse în lucrare sînt fundamentate pe un volum mare de cercetări teoretice și experimentale, ceea ce îi conferă calitatea de a fi valorificată în producție și de a constitui un îndreptar prețios pentru colectivele de cercetări și proiectări miniere.

Prof. dr. ing. **N. Leț**u

---

În perioada 25—28 mai 1982 Consiliul Național al Apelor organizează la Constanța—Mamaia prima consfătuire pe țară cu tema **Folosirea rațională și protecția calității apei în localități, industrie și agricultură.**

Scopul acestei consfătuiri constă în dezbaterea, cu factorii interesați, a căilor de economisire a apei și de prevenire și combatere a poluării, atît în concepția și aplicarea tehnologiilor productive de bază, cît și în raport și cu privire la modalitățile practice de transport, folosire, recirculare, măsurarea debitelor, epurarea apelor uzate etc.

Actualitatea acestei teme rezidă din contextul cerințelor de folosire cu cît mai multă economie a resurselor limitate de apă și a amenajărilor costisitoare prin care trebuie să se asigure sporurile de debit (lucrări complexe de acumulare, derivații, stații de tratare ș.a.), cît și stringența intensificării măsurilor de protecție a calității apelor, dată fiind tendința de creștere a poluării manifestată în ultimii ani.

La această manifestare vor fi prezentate, în cadrul unei secții, opt lucrări elaborate de specialiști din cadrul Ministerului Minelor, astfel.

1. *Realizări și orientări în domeniul gospodăririi și protecției calității apelor în industria extractivă minieră*, ing. V. Scripăț, ing. I. Grou, ing. St. Popescu, și ing. Al. Iaru.

2. *Preocupări pentru epurarea chimică a apelor reziduale provenite din minele de minereuri neferoase, cu sau fără valorificarea elementelor utile*, ing M. Vraciu, ing. A. Brâncuș, ing. D. Poduț, ing. M. Bivolaru.

3. *Preocupări pentru înlocuirea reactivilor toxici, epurarea chimică a apelor provenite din flotația minereurilor neferoase și creșterea gradului de recirculare a acestora*, dr. ing. P. Ilie, ing. A. Brâncuș, ing. D. Poduț,

4. *Realizări și preocupări în domeniul gospodăririi și epurării apelor industriale din unitățile Centralei minelor Baia Mare*, ing. M. Vraciu, dr. ing. P. Ilie, ing. A. Brâncuș.

5. *Cercetări privind epurarea chimică a apelor acide provenite de la minele de minereuri aurifere din Munții Apuseni și valorificarea metalelor utile dizolvate*, ing. S. Simon, chim. V. Mijea, chim. E. Turcu, chim. D. Turcu.

6. *Neutralizarea apei reziduale cu bazicitate ridicată de la Uzina de preparare Teliuc prin amestec cu apele de mină*, ing. S. Simon, ing. L. Sîrbu, chim. D. Mija.

7. *Preocupări și rezultate privind gospodărirea și epurarea apelor provenite din minele și instalațiile de preparare a substanțelor nemetalifere*, ing. Gr. Tăutu, ing. A. Fânaț, chim. S. Rus, ing. M. Mezdrea.

8. *Preocupări în cadrul Combinatului minier Valea Jiului privind îmbunătățirea funcționării instalațiilor de epurare a apelor de mină și de la preparațiile de cărbune*, ing. N. Vîlcea dr. ing. Lidia Mihăilescu, ing. V. Davidescu.

**E.V.**

# ŞTIRI

## Combină de înaintare

Marile companii producătoare de asemenea utilaje proiectează şi fabrică diverse tipuri perfecţionate (de exemplu : Joy, Marietta, Jeffrey, Goodman etc.). Recent, o combină „miner continuu", tip Paurat E 195 a fost experimentată pentru săparea unei galerii la mina Amélie (Franţa). Datorită lucrărilor pe care trebuie să le execute, în mare parte pentru săparea de galerii în strate înclinate, secţiunea galeriilor este de formă trapezoidală.

Săparea se efectuează în paralel cu circulaţia vehiculelor pentru transportul materialului care trebuie evacuat, ca urmare a depozitării materialului pe un dispozitiv special (masă de încărcare).

Maşina este de tipul celor cu atac frontal şi este dotată cu un motor electric de 170 kW. Capul de tăiere, de dimensiuni relativ reduse, are 80 de plăcuţe tăietoare. Mişcarea de „du-te vino" a braţelor de la „masa de încărcare" asigură strîngerea materialului, un transportor central dirijîndu-l către spatele maşinii, iar capul de întindere al transportorului, fiind deplasabil, facilitează deversarea în autocamionul de „transport-evacuare". Un sistem de pulverizare a apei elimină praful în punctul de deversare. La mijlocul maşinii este amplasat un grup de pompe hidraulice. Tot ansamblul este montat pe un şasiu, cu două şenile independente. În partea din spate s-a prevăzut o bară de siguranţă masivă, capabilă să preia sarcina de presare a camioanelor încărcate. Un sistem de frîne tip „parking", foarte eficient, asigură imobilizarea combinei şi a anexelor. Tot pentru realizarea unei stabilizări cît mai bune, s-au prevăzut şi cricuri speciale (cîte două, atît pe orizontală, cît şi pe verticală).

*Caracteristicile combinei*

Dimensiuni : lungime 11,74 m ; lăţime 2,80 m ; înălţime 1,79 m.
Greutate : 43 t.
Motoare : motor electric de 170 kW pentru tăiere ; tracţiunea — motoare hidraulice ; încărcarea cu ajutorul braţelor — motoare hidraulice ; evacuarea cu transportorul cu lanţ central — antrenat de motoare electrice.

*Performanţe*

| Profil în săpare : | Minim | Maxim |
|---|---|---|
| înălţimea | 2,25 m | 4,25 m |
| lăţimea | 3,80 m | 5,30 m |

Productivitatea la săpare : între 2 şi 2,8 t/min.
Panta la : săpare + 16 pînă la —12 grade ;
deplasare + 20 pînă la —20 grade.
Productivitatea la încărcare : minimum 5 t/min
Viteza de deplasare : reglabilă, de la 0 la 9,3 m/min (în ambele sensuri).

Prelucrare din „Potasse Magazine" şi „Industrie minérale"

## Draglină păşitoare

Draglina păşitoare „Marion 8 200" este considerată ca cel mai mare utilaj de acest tip fabricat pînă în prezent. Draglina, cu o greutate de 3 600 t, este dotată cu 16 motoare electrice, care pot dezvolta circa 13 400 kW. Puterea acestor motoare este necesară pentru diferite acţionări ale maşinii, ca de exemplu deplasarea „înainte-înapoi", ridicarea cupei de 75 t şi deplasarea braţului (în greutate de 261 t).

Capacitatea cupei este de 58 m³ de steril, lungimea braţului 100 m. Două motoare (780 kW) asigură deplasarea maşinii dintr-un loc în altul. Cele două şenile, fiecare de 18 m lungime, cîntăresc 40 t.

Pentru asamblarea draglinei la locul de funcţionare au fost necesare circa 13 luni. Firma producătoare Marion Power Shovels a livrat în S.U.A., Australia şi R.S.A., pînă în anul 1981, 14 dragline de acest tip.

Prelucrare din „S.A. Mining and Engineering Journal"

## Maşină de încărcat 992 C

La carierele de cărbuni din bazinul Cévennes — Franţa se folosesc, cu rezultate favorabile, o serie de utilaje, dintre care se remarcă : maşina de încărcat 992 C (Caterpillar) de 690 CP şi cupa de 9,55 m³. Principala caracteristică o constituie pneurile tip „beadless". Cabina şoferului este climatizată, insonorizată şi cu protecţie în cazul răsturnării maşinii sau a căderilor de roci.

Prelucrare din „Industrie minérale"

## Instalaţie hidraulică de perforare, cu două braţe, pentru galerii şi tunele cu secţiuni între 10 şi 20 m² tip Boomer H 115

Forma sa compactă, înălţimea redusă, cele patru roţi motrice cu transmisie hidraulică şi direcţia articulată îi conferă o mare manevrabilitate.

Boomer H 115 — Atlas Copco are două braţe hidraulice BUT 6 echipate, fiecare, cu un perforator hidraulic COP 1032 HD.

Braţele sînt dotate cu un telescop care ameliorează considerabil portanţa şi posibilităţile de lucru în locurile cele mai dificile. Automatizarea alinierii şi menţinerii poziţiei paralele a ghidajelor elimină unghiurile moarte, garantînd lucrări de mare precizie.

Montate pe ghidaje hidraulice, care asigură o ghidare precisă, perforatoarele COP 1032 HD perforează cu o viteză ridicată găuri de mină cu diametrul de 35 pînă la 41 mm, cu o lungime de 2,8 pînă la 4 m, în funcţie de lungimea ghidajului utilizat. Ele sînt echipate cu un sistem automat împotriva blocării şi prezintă toate caracteristicile care au făcut succesul modelului 1038 HD, din care au derivat (performanţele ridicate, mare fiabilitate, consum redus de scule de perforare).

Dotate cu noile capete Sandvik Coromant R 32 — R 28, perforatoarele COP 1032 HD permit perforarea găurilor cu diametre de 38 pînă la 45 mm, la un cost, pe metru de gaură, foarte redus.

Un oarecare număr de accesorii sînt disponibile la cerere : tamburul pentru înfăşurarea cablului cu comandă hidraulică, panoul de protecţie, consola pentru orientarea braţului etc.

În Franţa lucrează la ora actuală trei instalaţii Boomer H 115 : două în galerii şi una este în pregătire pentru a fi introdusă în mină.

Prelucrare din „Industrie minérale"

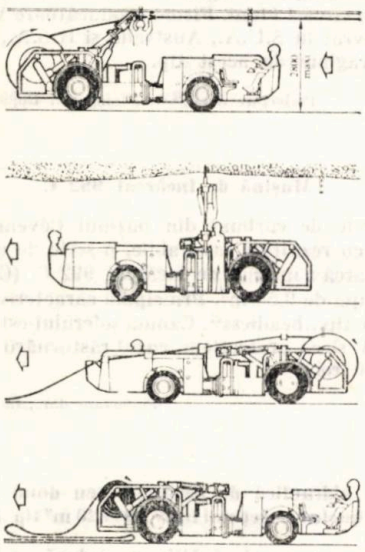
## Maşina universală SO 50

Bobina pentru cabluri tip SO 50 permite rezolvarea problemelor legate de manipularea cablurilor sau benzilor de la transportoare.

*Pozarea sau înfăşurarea cablurilor*

Această operaţie se desfăşoară cu 2 oameni, în continuu, reducînd durata de lucru cu 50 pînă la 80%, faţă de metoda

obișnuită. Cablul este așezat în clema de susținere, cu ajutorul unui braț hidraulic. Mecanicul deplasează mașina SO 50 paralel cu peretele, iar operatorul prinde cablul în clemele de susținere, pînă la derularea completă a cablului.



Procedînd invers se poate efectua stringerea cablului.

*Perforarea găurilor pentru ancorare și fixarea suportului de cablu*

Un manipulator mobil, putînd fi plasat la stînga sau la dreapta vehiculului (cu ajutorul unui braț) permite perforarea în acoperiș, la 40 cm de la marginea platformei a găurilor pentru montarea ancorelor.

Prezența permanentă a perforatorului pe suportul său permite, în orice moment, introducerea unei tije de prindere a clemei, dacă este nevoie, în timpul operației de pozare a cablurilor.

*Înfășurarea cablurilor de pe vatră*

Această operație se face cu ajutorul a trei ghidaje, plasate pe partea stîngă a mașinii SO 50 și a dispozitivului hidraulic, care ușurează înfășurarea cablului pe tambur. Înfășurarea cablului este comandată hidraulic, în funcție de deplasarea vehiculului.

*Înfășurarea și transportarea covorului pentru benzile de transport*

Mașina SO 50 poate fi, de asemenea, utilizată pentru înfășurarea și transportul covoarelor de la benzile de transport, ca de exemplu la înlocuirea benzii uzate sau în timpul deplasării transportorului pe un nou teren.

Rulourile, amplasate de o parte și de cealaltă a sistemului de înfășurare, permit o bună centrare a covorului.

Mașina SO 50 permite înfășurarea benzii cu o lățime de la 1 000 la 1 200 mm și cu o lungime de 150 m.

Prelucrare din „Industrie minérale"

**Pompa cu injecția Palemroc**

Pompa Palemroc este o pompă cu piston, cu efect simplu, pentru mortar de ciment.

Este o pompă pneumatică, funcționînd la o presiune de 4—7 bari. Este compusă din doi cilindri în tandem, putînd fi utilizat unul, al doilea sau amîndoi în același timp. Sînt 4 modele:

| Model | Diametrul, mm | Cursa, mm, | Capacitatea unui ciclu, l | Lungimea totală, mm |
|---|---|---|---|---|
| P 40 | 125 | 400 | 4,5 | 1,100 |
| P 50 | 125 | 500 | 6,0 | 1,250 |
| P 60 | 125 | 600 | 7,3 | 1,400 |
| P 80 | 125 | 800 | 9,8 | 1,900 |

*Multiplele utiliări ale pompei Palemroc*

Lucrări de betonare și betonarea ancorelor, sub orice unghi, în mine, tuneluri, lucrări publice, consolidarea monumentelor istorice, piatră desprinsă sau fisurată, eroziune la fundații sau suprafață, îmbinări de poduri sau autostrăzi, zidărie. Este ușoară (50 kg), are un șasiu rulant care îi conferă o mare mobilitate; un singur operator este suficient pentru deservire.

Este livrată cu sau fără malaxor (62 l).

Aspirarea și refularea mortarului se face automat, prin intermediul unui robinet cu supape cu bile cu două linii.

Pompa Palemroc poate fi comandată de la distanță, printr-un aparat simplu și ușor, cu patru comenzi.

Simplitatea de concepție și funcționare îi conferă o întreținere practic inexistentă, după folosire fiind suficiente doar cîteva aspirări și refulări cu apă.

Permite folosirea cimentului curat sau a mortarurilor compuse din 2/3 ciment, 1/2 nisip cu granulație de 0,5 la 2 mm. Măsurată cu un sac de ciment de 50 kg, sau un sac de mortar preparat de aceeași greutate, cu raportul apă-ciment de 0,28 pînă la 0,30 sau cu raportul apă-material solid de 0,18 la 0,20, utilizînd un furtun cu diametrul interior de 25 mm, capacitatea sa de refulare este de 15 m pe verticală și 50 m pe orizontală, capacitatea de injectare cu același mortar de ciment este de 5 l/min, pentru găuri ascendente, și 10 l/min, pentru găuri orizontale, la o presiune utilă de 6 bari. Pentru a se evita formarea golurilor de aer, operația se face pornind de la fundul găurii.

Pompa Palemroc permite 3 metode de umplere:

a) umplerea găurii înaintea introducerii tijei;

b) umplerea spațiului în jurul tijei cu un ajutaj concentric, în cazul cînd gaura și tija au un diametru mare (diametrul găurii trebuie să fie cel puțin dublu față de cel al tijei);

c) umplerea cu un tub lateral cu diametrul minim de 15 mm, în cazul cînd, atît gaura, cît și tija au diametru mare.

Pompa este prevăzută cu un sistem care permite dublarea presiunii mortarului, apăsînd simultan pe suprafața celor doi cilindri în aceeași direcție.

Ea oferă avantajul de a injecta mortarul cu aceeași omogenitate.

Dimensiunile reduse permit fixarea sa pe orice cărucior de perforare, fără dificultate. La cerere, poate fi concepută pentru a funcționa hidraulic. Ea permite betonarea găurilor cu orice diametru și cu lungimi de la 15 pînă la peste 100 mm,

Prelucrare din „Industrie minérale"

**Un nou excavator**

Excavatorul cu cupă Menzi-Muck (excavator cățărător), versiunea 1981, are numeroase perfecționări care au ca scop:

— îmbunătățirea randamentului practic;

— mărirea confortului;

— creșterea securității;

— o stabilitate și mai mare pentru a se menține pe o pantă cu înclinare mare.

Seriile 3 000 sînt prevăzute cu o pompă cu debit variabil, debitul maxim fiind de 115 l/min (în loc de 80 l/min ca pînă în prezent). Distribuitoarele și țevile au diametrele mărite. Răcirea cu ulei hidraulic se face printr-un radiator cu ventilație.

Șasiul inferior, reproiectat, conferă o stabilitate și mai mare pentru a lucra în pantă. Roțile se îndepărtează hidraulic; comanda de îndepărtare a roților se face cu ajutorul unui cric, fiind prevăzută la seria 5 000, însă poate fi furnizată la cerere și la seria 3 000. Cabina este spațioasă și funcțională. Brațul telescopic este constituit dintr-o țeavă cu secțiune pătrată, complet închisă, cricul cupei, bine dimensionat, găsindu-se în partea din față a tijei culisante.

Deplasarea este asigurată de un motor hidraulic cu pistoan cuplat direct la un reductor în două trepte, în care este încorporată o frînă cu lamele. Această frînă menține cupa în orice poziție și nu se deschide decît sub presiunea hidraulică. Excavatoarele din seria 5 000 au în plus o pompă duplex, cu debit variabil și cu putere mărită.

Există și un model T 3, cu brațul de 3 m, care permite obținerea unei înălțimi de 8,60 m sau a unei adîncimi de 6,50 m. Excavatorul funcționează cu un motor diesel Hatz de 40 CP. Consumul de combustibili (20—30 l/zi) este foarte redus față de randamentul practic al acestor excavatoare.

În afară de cupele obișnuite, excavatorul este prevăzut și cu o cupă cu fălci. Ca noutate trebuie menționat în mod special:

— 1 cap hidraulic pentru deplasarea la stînga și la dreapta, pînă la 55°, a tuturor cupelor standardizate;

— 1 balansier pivotînd la stînga sau la dreapta (pînă la 55°).

Întorcîndu-se pe mai puțin de 4 m, aceste excavatoare, cunoscute pînă acum mai ales pentru performanțele lor pe terenuri în pantă și pe apă, încep să fie folosite și la fundații, lucrări de taluzare etc.

Prelucrare din „Industrie minérale"

**Noua generație de excavatoare hidraulice cu cupă, Liebherr**

Prin apariția, în anul 1966, a primelor excavatoare echipate cu pompe cu debit variabil, firma Liebherr adusese o noutate în domeniul excavatoarelor hidraulice, permițînd reducerea raportului dintre greutate și putere.

Experiența dobîndită apoi în lumea întreagă a permis firmei Liebherr să prezinte, în anul 1981, o nouă generație de excavatoare hidraulice.

Fiabilitate, randament și economie sînt caracteristicile acestor noi modele, caracteristici obținute grație unor excavatoare mai rapide, echipate cu cupe de o mai mare capacitate și cu posibilități cinematice importante; o simultaneitate a tuturor mișcărilor, un confort excelent și un consum constant.

Noul program este compus din următoarele modele:

— excavatoare pe pneuri: A 900, A 902, A 912, A 922, A 942;

— excavatoare pe șenile: R 902, R 912, R 922, R 932, R 942;

— excavatoare mari: R 962, R 972, R 982, R 991.

*Opțiuni tehnice adaptate la specificul fiecărui grup de excavatoare*

În ceea ce privește motorul și circuitul hidraulic, opțiuni diferite au fost luate pentru excavatoarele cu specializare polivalentă pînă la A 942 și pentru excavatoarele de înaltă productivitate începînd cu R 962, opțiunile ținînd cont de specificul acestor mașini în utilizarea lor în șantierele și carierele din întreaga lume.

Pînă la A 942, toate excavatoarele dispun de un motor diesel Deutz, răcit cu aer, și de un circuit hidraulic cu două pompe, cu debit variabil, reglate prin cumul de presiune cu mișcări de rotație prioritară și cumul de debit la toate deplasările de lucru. Acest dispozitiv permite executarea tuturor deplasărilor echipamentului (braț, balansier, cupă), precum și rotația și translația, care pot avea loc simultan.

Excavatoarele de înaltă productivitate sînt echipate cu un motor diesel Cummins, răcit cu apă, și cu un circuit hidraulic cu trei pompe, cu debit variabil, reglate prin puterea limită, cu rotație independentă, permițînd durate de ciclu reduse la randamente maxime.

Capacitatea rezervorului de carburant a fost mărită, asigurînd astfel o mare autonomie.

Ansamblul excavatoarelor din seria a II-a a fost conceput în funcție de condițiile de utilizare și de normele europene și internaționale. Ele sînt prevăzute cu un dispozitiv de răcire cu ulei, hidraulic, reglat termostatic, cu un rezervor hidraulic de capacitate mare și cu o filtrare superioară.

Puterea este utilizabilă în totalitate, datorită stabilității pe care o au mașinile.

Cinematica permite exploatarea perfectă a acestei noi puteri. Rezultă de aici o mare forță a dinților, unghiuri de excavare optime pentru a obține, între altele, pereți verticali și forțe de ridicare mărite, datorate, în parte, montării în serie a două cricuri pentru braț.

Fiecare mașină are un echipament retro cu braț monobloc. Toate excavatoarele pînă la A 942 inclusiv au un braț reglabil. Amortizoarele limitatoare de cursă montate pe cricuri, îmbinările de etanșeitate și folosirea bridelor SAE pentru a asigura o legătură între țevile rigide și flexibile, garantează o fiabilitate crescută și cheltuieli de întreținere reduse.

Cabinele sînt noi și conforme normelor.

Noul program de excavatoare hidraulice cu cupă se referă la două excavatoare care, posedînd în continuare un număr important din caracteristicile generale ale seriei II, au și unele particularități distincte, necesare adaptării optime la condițiile de utilizare pentru care au fost concepute.

Excavatorul A 900 pe pneuri este ușor manevrabil, polivalent, economic prin excelență. Capacitățile cupelor cu care pot fi echipate, portanța, înălțimea și adîncimea pe care o poate atinge fac din acesta excavatorul cu cele mai bune performanțe.

Translația hidrostatică, cu motor cu capacitate cilindrică variabilă, cu care este echipat, îi oferă o excelentă viteză de deplasare și o forță de tracțiune importantă pe teren.

Cel mai puternic dintre excavatoarele hidraulice de mare capacitate este excavatorul R 991.

Prelucrare din „Industrie minérale"

## Ing. Wilhelm Straub

În ziua de 8 ianuarie 1982 a încetat din viaţă, după o scurtă şi grea suferinţă, inginerul Straub Wilhelm. Fiu de mecanic, născut în 27 septembrie 1916, Straub Wilhelm a îmbrăţişat meseria de miner, căreia i s-a dedicat cu pasiune întreaga sa viaţă.

Ca inginer minier şi-a desfăşurat activitatea la Întreprinderea minieră Comăneşti, iar din anul 1961 a lucrat în cadrul bazinului minier Oltenia ca şef serviciu tehnic la Trustul minier Oltenia şi Întreprinderea minieră Motru.

Inginerul Straub Wilhelm s-a impus printr-o temeinică pregătire profesională, o dorinţă nestăvilită de cunoaştere, un simţ înnăscut al meseriei, un înalt spirit de sacrificiu, o încredere nemărginită în oameni, o ţinută şi o comportare exemplară faţă de colaboratori şi colegi.

Pentru meritele sale deosebite şi pentru devotamentul cu care a slujit cauza construirii socialismului în patria noastră a fost distins cu medalii ale Republicii Socialiste România.

Prin încetarea din viaţă a inginerului Straub Wilhelm, corpul tehnic minier din bazinul Olteniei a pierdut un prieten şi un bun specialist.

Viaţa şi activitatea sa, căldura sufletească cu care a ştiut să se apropie întotdeauna de oameni, i-au atras aprecierea tuturor celor care l-au cunoscut, stimat şi iubit şi care-i vor păstra o vie şi neştearsă amintire.

*Colectivul oamenilor muncii din I.C.I.T.P.M.L. Craiova*

## Tehnician topograf minier Mavrodineanu Victor

S-a stins din viaţă, în ziua de 20 ianuarie 1982, topograful minier Mavrodineanu Victor, model de slujitor fidel al topografiei miniere de peste treizeci de ani.

Smuls din mijlocul familiei, colegilor şi prietenilor, pe care i-a onorat şi care l-au iubit, tehnicianul Mavrodineanu Victor lasă în urma sa regrete unanime.

Şi-a început activitatea de topograf minier înainte de 1950, la minele de lignit Mărgineanca, după care continuă la minele din bazinul carbonifer Cîmpulung Muscel, la minele din Cataractele Oltului, iar de aici, în pragul pensionării, la mina Altîn Tepe, unde conduce, cu multă competenţă, una din cele mai mari lucrări din ţară : străpungerea puţului de extracţie Central, cu front şi contrafront (650 m adîncime), lucrare cu care, la vîrsta de 70 ani, îşi încheie definitiv activitatea mult îndrăgită.

Acelaşi om de excepţie s-a dovedit ca tovarăş de lucru, coleg şi prieten, rămînînd pentru totdeauna în amintirea tuturor celor care l-au cunoscut.

*Colectivul oamenilor muncii din Centrala sării şi nemetaliferelor Bucureşti*

FOREIGN TRADE PUBLICITY AGENCY
PUBLICOM ROMANIA

# PUBLICOM
## EXPO·1982

FOREIGN TRADE PUBLICITY AGENCY UNDER THE SPONSORSHIP OF THE CHAMBER OF COMMERCE AND INDUSTRY OF THE SOCIALIST REPUBLIC OF ROMANIA

## specialized exhibitions to be staged in '82

PUBLICOM

PRELUCRAREA, FINISAREA ŞI CONTROLUL METALELOR '82
23—26.03.1982
Industrial diamonds, diamond tools, sintered metallic carbides, cutting tools, abrasives. Metal coating and surface treatments, welding equipment and technologies. Physical and mechanical metal testing and non-destructive quality control instruments.

MEDICINA '82
30.03—2.04.1982
Equipment, instruments and materials to be used in all medical branches (stomatology included), chemical and pharmaceutical products.

INDUS '82
13—16.04.1982
Special sewing machines, cutting-out machines, accessories for ready-mades and leather products, artificial leather, chemicals, tanners, etc.

LABORATORUL '82
11—14.05.1982
Instruments for controlling, measuring and analysing the fluid and gas flow ; gas leakage detection ; process instrumentation and analysers. Instruments and articles for laboratory and chromatography analysis and tests covering all fields of application in research and industrial laboratories. Technology, equipment and instruments for the nuclear field.

FOTO — KINO-REPRO → OPTICA '82
15—18.06.1982
Printing and duplicating equipment and machines, labelling machines, office machines, graphic materials, text processing machines, equipment, instruments, accessories and materials for film and photography, optic lenses and optic instruments, micro-record keeping devices.

AGREMENT '82
7—10.09.1982
Camping articles and accessories, caravans, tents, hunting and fishing articles, sports articles, leisure activities' supplies ; slot-machines and allied equipment.

PESTICIDE '82
21—24.09.1982
Pesticides, insecticides, herbicides, fungicides and folders, premixes, veterinary drugs, equipment and methods for animal husbandry, articles for agricultural and veterinary use.

ELTRON '82
9—12.11.1982
Electronic components, electronic and electric equipment, computing technique, microprocessors, industrial robots, equipment for telecommunications, radio and telephony, cables, automation technologies

TRANSPORTURI '82
16—19.11.1982
Equipment for garages, tools and instruments for motor car repairing and maintenance, motor car special accessories, motor car assessment equipment, control systems for road, rail, air, and sea traffic, etc.

ARMĂTURI — POMPE — AZBEST '82
23—26.11.1982
Fittings, seals and pumps for all industrial branches. Asbestos materials, yarns, ready-mades and technical articles.

**Specialized Exhibitions**

**publicom**

BUCHAREST — ROMANIA
22, NICOLAE BĂLCESCU BLVD.
TELEX : 11-374 CAMROM
TELEPHONE : 14 75 35

*Publicom is able, following your request, to offer you the corresponding documentation for each exhibition !*

# 30 DE ANI pe piața mondială

## U.R.S.S. — CENTRALA DE COMERȚ EXTERIOR

# MACHINOEXPORT

Aduce la cunoștința specialiștilor români că în perioada 18 mai—2 iunie 1982 va prezenta în R. S. România o expoziție sub formă de modele și prospecte de utilaje miniere, care se folosesc cu succes în peste 30 de țări din întreaga lume:

— complexe mecanizate pentru exploatarea zăcămintelor de cărbuni ;

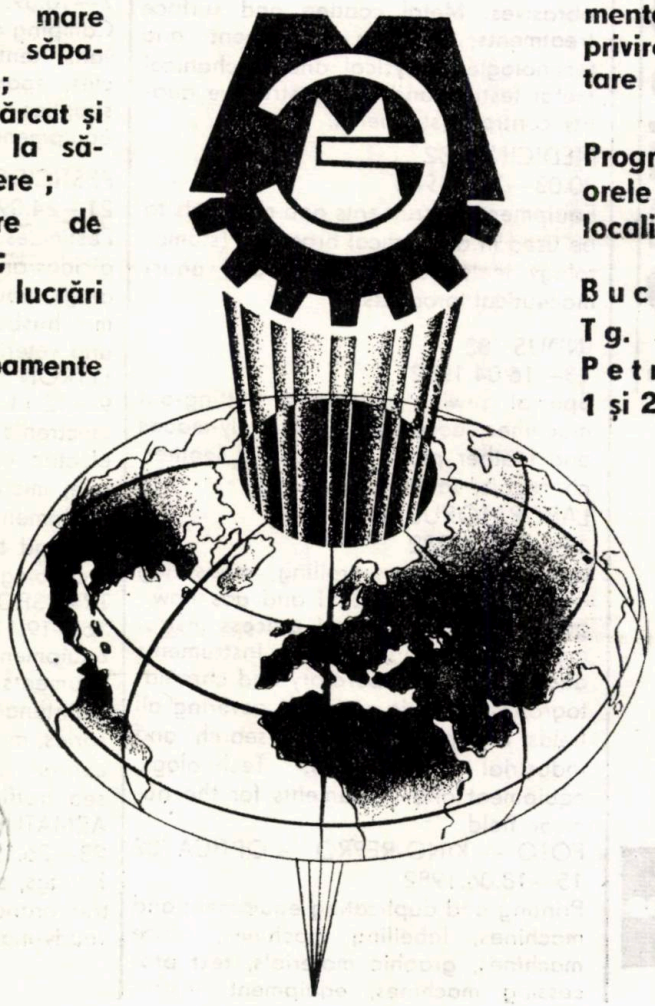
— complexe de mare productivitate pentru săparea lucrărilor miniere ;

— mașini de încărcat și încărcătoare folosite la săparea lucrărilor miniere ;

— mașini miniere de transport și extracție ;

— utilaje pentru lucrări de terasament ;

— utilaje și echipamente auxiliare.



În programul expoziției vor fi prezentate, de asemenea, referate și filme documentare de scurt metraj, cu privire la modul de exploatare a utilajelor expuse.

Programul de vizitare : orele 10—16, în următoarele localități :

București, 18 și 19 mai;
Tg. Jiu, 24—25 și 26 mai;
Petroșani, 31 mai — 1 și 2 iunie

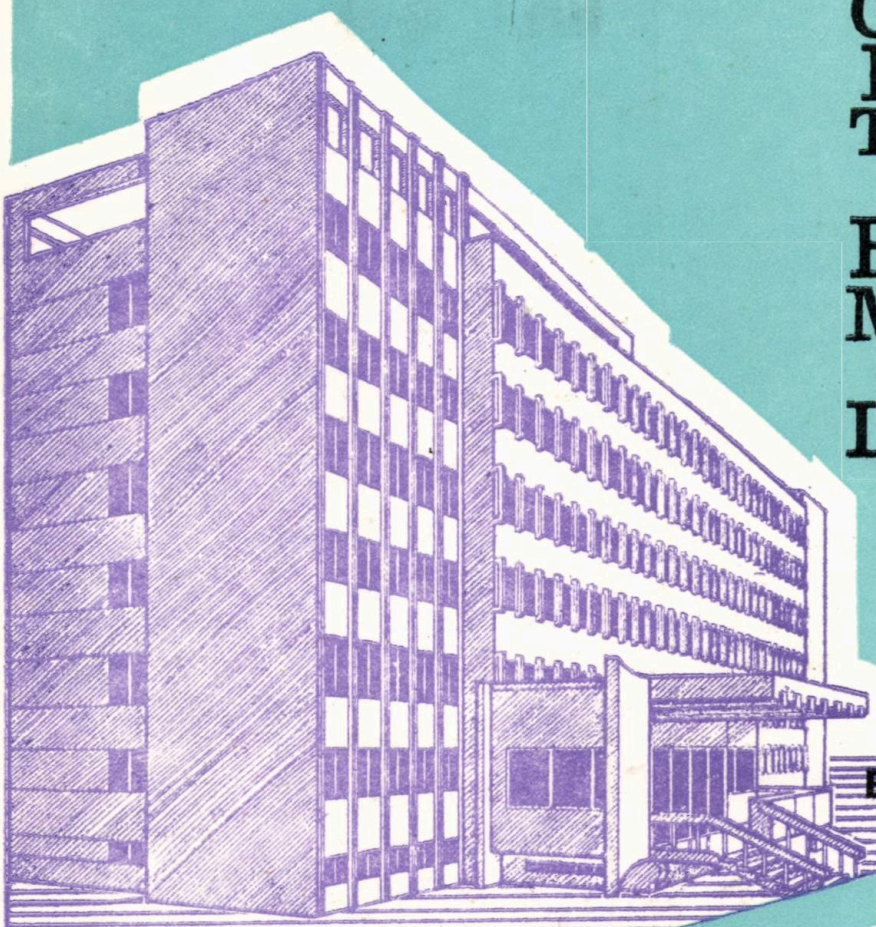
**MACHINOEXPORT**

USSR MOSCOW 117330 MOSCOW V-330 MACHINOEXPORT
☎ 147·15·42, 143·84·68 411207, 411242 MCHEX SU

PUBLICOM

**MINISTERUL MINELOR**

# Institutul de Cercetări Inginerie Tehnologică și Proiectare Minieră pentru Lignit Craiova



Str. UNIRII 139
jud. DOLJ, cod 1100
telefon 24645

**EXECUTĂ**

# STUDII, PROIECTE, CERCETĂRI, DOCUMENTAȚII TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

PENTRU:

- valorificarea și încadrarea în bilanț a rezervelor ;
- mine subterane și exploatări la zi;
- utilaje auxiliare de transport și de preparare a lignitului ;
- inginerie tehnologică ;
- drumuri, lucrări de artă, construcții civile și industriale pentru incinte miniere ;
- lucrări geotehnice, hidrotehnice și de asecare.

# RESEARCH AND DESIGN INSTITUTE FOR OIL AND GAS - CÎMPINA

## carries out:

- GAS-CHROMATOGRAPHIC, POTENTIOMETRIC, SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS TO ETABLISH THE COMPLETE COMPOSITION OF FLUIDS PRODUCED IN THE HYDROCARBON FIELDS;
- PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS TO CHARACTERIZE THE SOLID ABSORBENTS (ACTIVE CARBON, MOLECULAR SIEVES, SILICA GEL) USED IN GAS CONDITIONING TECHNOLOGIES.

## elaborates technologies for:

- Gas treatment ($C_2$+hydrocarbons production, dehydrating, desulphuration) etc;
- Oil cleaning (removal of water and mechanical impurities);
- Rheologic caracteristics improvement of viscous and high refrigeration oils for pipe-line transportation;
- Residual waters conditioning for technologic injection in oil and gas fields;
- Well treatment to control sand rush and water channelling;
- Production increase by alkaline and surfactant solutions injections;
- Reduction of hydrocarbon losses, light crude stabilization, production of oil from residues and residual water etc;
- Additives for the elaboration of drilling fluids and cement slurries utilised for drilling and cementing of oil and gas wells;
- Drilling fluids and cement slurries for offshore drilling;
- Drilling fluids with high thermical atability for drilling of deep and ultra deep wells;
- Drilling fluids for penetration of the productive horizon;
- Physicochemical analysis of the additives used to prepare the drilling fluids and cement slurries;
- Physicochemical analysis of the fluid loss of drilling fluids;
- Elaboration of the equipment for testing the rheologic and fluid loss properties of the drilling fluids, at high temperatures and pressures.

**ADRESS:**
INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI PROIECTĂRI PENTRU PETROL ŞI GAZE - CÎMPINA, str. Culturii 29, tel. 31730, cod 2150

1982 MAI 2 8

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, aprilie 1982

4

**MINISTERUL MINELOR**

# Institutul de Cercetări, Inginerie Tehnologică și Proiectare Minieră pentru Lignit Craiova

EXECUTA
STUDII, PROIECTE,
CERCETARI, DOCUMENTATII TEHNICO-STIINTIFICE PENTRU

- o valorificarea și încadrarea în bilanț a rezervelor;
- o mine subterane și exploatări la zi;
- o prepararea lignitului;
- o utilaje auxiliare de transport;
- o inginerie tehnologică;
- o drumuri, lucrări de artă, construcții civile și industriale pentru incinte miniere;
- o lucrări geotehnice, hidrotehnice și de asecare.

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XXXIII

Nr. 4 1982


## CUPRINS


*Zorilescu, D.* **Arbori de decizie şi algoritm de simulare pentru alegerea metodelor raţionale de probare geologică** . . . . . 150

*Biriescu, A.* **Transmiterea orientării cu control în subteran utilizînd două fire lestate pe un puţ vertical** . . . . . 159

*Rancea, Gh., Omota Maria şi Botoroagă Maria* **Stabilitatea obiectivelor amplasate în zona de influenţă a lucrărilor de exploatare subterană** 165

*Szabo, C. şi Gönczi Maria* **Din practica întocmirii bilanţurilor electrice la întreprinderile din cadrul Combinatului minier Valea Jiului** . . . . . 168

*Popa, M., Picu, S., Moldovan, I., Pap, V. şi Cuşnir, V.* **Stabilirea tehnologiei de preparare a minereului parţial oxidat din zăcămîntul Tibleş** . . . . . 172

*Pop, N., Pop Vera şi Kovacs, P.* **Date mineralogice, petrografice şi geochimice asupra tufurilor vulcanice zeolitizate din bazinele Şimleu, Oaş şi Izei** . . . . . 175

*Pârcălăbescu, I. D.* **Asupra interacţiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu mediul solid al colectoarelor de hidrocarburi fluide** . . . . 182

*Gheorghiţoiu, M.* **Blocarea datorată factorilor mineralogo-petrografici particulari ai formaţiunilor productive** . 190

**Informaţii**

**Ştiri**



## COLEGIUL DE REDACŢIE

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ**, preşedinte ; dr. ing. **GHEORGHE ALDEA** ; ing. **ŞTEFAN BENEA** ; dr. geol. **IOSIF BERCIA**; ing. **TEODOR BORU**; dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU**; ing. **VIRGIL FĂTU**; dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ** ; dr. ing. **FLOREA NEAGU**; ing. **NICOLAE PANTILIE**; **ELENA VRĂNCEANU**, redactor.


## REZUMATE


C.Z. 550.8 : 65.012.1

Zorilescu, D. *Arbori de decizie şi algoritm de simulare pentru alegerea metodelor raţionale de probare geologică*

Pornind de la metodele cunoscute de probare geologică, se construiesc arbori de decizie (reţele de decizie) pentru alegerea metodelor raţionale de probare în funcţie de caracteristicile zăcămintelor şi se elaborează un algoritm de simulare pentru determinarea dimensiunilor optime ale probelor, distanţelor de probare, precum şi a modului raţional în care să se execute probarea geologică.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.251 : 614.8

Biriescu, Al. *Transmiterea orientării cu control în subteran utilizînd două fire lestate pe un puţ vertical*

Procedeul descris de autor permite introducerea de orientări corectate în subteran, practic identice cu cele reale, atunci cînd firele lestate sînt situate pe verticala locului în subteran.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 624.9 : 622.272

Rancea, Gh., Omota Maria şi Botoroagă Maria *Stabilitatea obiectivelor amplasate în zona de influenţă a lucrărilor de exploatare subterană*

După ce se dau extrase din normativele privind criteriile pentru aproximarea stabilităţii construcţiilor de suprafaţă aflate sub influenţa exploatării miniere din subteran, autorii prezintă cîteva cazuri de obiective scoase din funcţiune datorită depăşirii deformaţiilor admisibile.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 621.311 : 622.271/272 : 620.9

Szabo, C. şi Gönczi Maria *Din practica întocmirii bilanţurilor electrice la întreprinderile din cadrul Combinatului minier Valea Jiului*

Se prezintă modul de organizare şi activitatea grupei de bilanţuri din cadrul Institutului de cercetări miniere pentru cărbune Petroşani, precum şi colaborarea cu Centrul de calcul electronic Petroşani pentru efectuarea bilanţurilor energetice, în vederea reducerii pierderilor şi a îmbunătăţirii randamentelor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.765.622.344

Popa, M. ş.a. *Stabilirea tehnologiei de preparare a minereului parţial oxidat din zăcămîntul Tibleş*

Avînd în vedere complexitatea mineralogică şi conţinutul apreciabil în minerale oxidice, autorii ajung la concluzia că minereul din zăcămîntul Tibleş se poate prepara cu indici buni de calitate şi extracţie şi că varianta cea mai puţin costisitoare este flotaţia, în vederea obţinerii unor concentrate de plumb, zinc şi pirită.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.353.4 : 551.5 : 552

Pop, N., Pop Vera şi Kovacs, P. *Date mineralogice, petrografice şi geochimice asupra tufurilor vulcanice zeolitizate din bazinele Simleu, Oaş şi Izei*

Autorii analizează tufurile vulcanice neogene din bazinele Sălaj, Oaş şi Maramureş sub aspect mineralogic, petrografic, chimic şi geochimic necesar fundamentării programelor de cercetare geologică a rocilor zeolitizate, conturării zonelor de perspectivă imediată privind valorificarea acestora, fundamentării programelor de cercetare tehnologică şi elaborării documentaţiilor asupra activităţii de cercetare geologică.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 661.9 :553.98

Pârcălăbescu, I. D. *Asupra interacţiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu mediul solid al colectoarelor de hidrocarburi fluide*

În vederea lărgirii cunoaşterii teoretice a acţiunii bioxidului de carbon ca agent de dislocuire, în lucrare se prezintă modelarea, în condiţii de laborator, a interacţiunii bioxidului de carbon în faza lichidă cu mediul solid al colectoarelor de hidrocarburi fluide.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.726 : 551.1

Gheorghiţoiu, M. *Blocarea datorată factorilor mineralogo-petrografici particulari ai formaţiunilor productive*

Autorul analizează influenţa nefastă a blocării zonei permeabile din jurul găurii de sondă la invazia cu filtrat din fluidele de foraj şi pastile de ciment datorită mineralelor argiloide din formaţiuni, precum şi mecanismul blocării, selectiv tratat, funcţie de compoziţia chimico-mineralogică şi morfologia mineralelor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982


**Informaţii**

**Ştiri**

# CONTENTS


C.Z. 550.8 : 65.012.1

Zorilescu, D. *Decision elements and simulation algorithm for selecting rational sampling methods*

Based on the conventional sampling methods, decision elements are established as function of deposit characteristics. A simulation algorithm for determining optimal sample size, sampling distances as well as the rational way for performing geologic sampling is presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.251 : 614.8

Biriescu, Al. *Transmission of controlled orientation in underground with two weight suspended wires along a vertical shaft*

The method described by author allows to introduce revised orientations in underground, virtually identic with the real ones, when the weight suspended wires are located on the vertical of the place in underground.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 624.9 : 622.272

Rancea, Gh., Omota Maria and Botoroagă Maria *The stability of surface objects placed into the influence zonne of the underground exploitation works*

After an introduction on the standards regarding the criteria in aproximating the stability of surface structures under the influence of underground mining works, the authors present some case histories of out of order objects due to the overpassing admissible deformations.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4 1982

---

C.Z. 621.311 : 622.271/272 : 620.9

Szabo, C. and Gönczi Maria *From the practice of electric balance elaboration at the enterprises of Mining Works Valea Jiului*

The organization manner and the activity of Balance Section from the Institute of Mining Research for Coal of Petroşani as well as the cooperation with the Computing Center Petroşani for electric balance performing in order to reduce loses and to improve output are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.765 : 622.344

Popa, M. et al. *Determining the benefication process of partial oxidized ore from Tibleş mineral deposit*

Taking into account the complexe mineralogy and the considerable amount of minerals with metallic oxides, the authors conclude that flotation is the best process to obtain lead, zinc and pyrite concentrates with high grade and recovery.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.353.4 : 551.5 :552

Pop, N., Pop Vera and Kovacs, P. *Mineralogical, petrographical and geochemical data about the zeolite volcanic tuffs from Simleu, Oaş and Iza basins*

The authors examine the neogene volcanic tuffs within the Sălaj, Oaş and Maramureş counties in mineralogical, petrographical, chemical and geochemical point of vue. The conclusions form the base for research works of geologic and technological programs for the delimitation and valorization of the zeolite rocks.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 661.9 : 553.98

Pârcălăbescu, I. D. *On the interaction between the dioxide carbon liquid phase and the collectors solide state of fluid hydrocarbons*

In order to extend the theoretical knowledges on the action of dioxide carbon as dislocation agent, a lab modelling to describe the interaction dioxide carbon — collector rocks is presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.726 : 551.1

Gheorghiţoiu, M. *Blocking of productive horizons due to specific mineralogical and petrographic factors*

The ill-fated influence in blocking the permeable zonne around the hole by the invasion of drilling fluid and cement tablets due to clayey minerals as well as the blocking mechanism as function of chemical-mineralogical composition and of mineral morphology are analysed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

**Information**


---

# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 550.8 : 65.012.1

Зорилеску, Д. *Сети принятия решений и алгоритм симмулирования для выбора рациональных методов геологического опробования*

Исходя из известных методов геологического опробования разработаны сети принятия решений о выборе рациональных методов опробования в зависимости от характеристик месторождений и алгоритм симмулирования, в целях оптимального определения расстояний между местами опробования, а также рационального способа геологического опробования.

Ключевые слова: сети решений, алгоритм симмулирования, геологическое опробование, рациональные методы.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.251 : 614.8

Бириеску, Ал. *Передача контролируемых ориентировок в подземных выработках с помощью двух отвесов, опущенных через вертикальный ствол*

Описанный автором способ позволяет передачу скорректированных ориентировок в подземных выработках, которые практически идентичны действительным положениям, когда отвесы опущены в вертикальный ствол.

Ключевые слова: передача ориентировок, отвес, вертикальный ствол

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 624.9 : 622.272

Ранчеа, Г., Омота Мария и Ботороагэ Мария *Устойчивость объектов, расположенных в зоне влияния подземных горных работ*

После представления выпуски из нормативов критериев оценки устойчивости поверхностных соору-

жений, расположенных в зоне влияния подземных горных работ, авторы описывают некоторые случаи объектов, выходящих из строя из-за превышения допустимых деформаций.

Ключевые слова: Устойчивость, надземные сооружения, влияние подземных работ

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 621.311 : 622.271/272 : 620.9

Сабо, К. и Гёнци Мария. *Из практики составления балансов электроэнергии на предприятиях Угольного комбината Валя Жиулуй*

Представлены организация и деятельность балансовой группы Научно-исследовательского института по разработке каменноугольных месторождений Петрошань, а также его сотрудничество с Электронно-вычислительным центром Петрошань по составлению энергетических балансов, в целях сокращения потерь и повышения к.п.д.

Ключевые слова: энергетический баланс, каменноугольные месторождения.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.765 : 622.344

Попа, М. и др. *Создание технологии обогащения частично окисленной руды месторождения Циблеш*

Учитывая многообразие минералов и значительные запасы окисленных минералов, авторы пришли к выводу о том, что руда месторождения Циблеш может быть обогащена с хорошими качественными показателями и извлечениями, причем наиболее дешевым вариантом является флотация, с получением свинцового, цинкового и пиритного концентратов.

Ключевые слова: полиметаллическая окисленная руда, обогащение, флотация

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.353.4 : 551.5 : 552

Поп, Н., Поп Вера и Ковач, П. *Минералогические, петрографические и геохимические данные зеолитизированных вулканических туфов бассейнов Шимлеу, Оаш и Изей*

Авторы рассмотривают неогенные вулканическкие туфы бассейнов Шимлеу, Оаш и Марамуреш с минералогической, петрографической, химической и геохимической точек зрения, необходимых для обоснования программы геологических исследований зеолитизированных пород, оконтуривания перспективных в ближайшем будущем зон, для обоснования технологических исследований и разработки документации по результатам геологических исследований.

Ключевые слова: зеолитизированные вулканические туфы, минералогический и петрографический состав, перспектива, освоение.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 661.9 : 553.98

Пыркэлэбеску, И. Д. *О взаимодействии между двуокисью углерода в жидком виде и твердой средой коллекторов жидких углеводородов*

В целях расширения теоретического кругозора о влиянии двуокиси углерода, как реагент вытеснения, в работе представлено моделирование в лабораторных условиях взаимодействия между двуокисью углерода в жидкой фазе и твердой средой коллекторов жидких углеводородов.

Ключевые слова: взаимодействие, двуокись углерода, коллекторы жидких углеводородов

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.726 : 551.1

Георгицою, М. *Блокировка из-за специфических минералогических факторов продуктивных формаций*

Автор рассмотривает неблагоприятное влияние блокировки проницаемой зоны вокруг скважин при миграции фильтрата буровых растворов и цементных паст из-за глинистых минералов формаций, а также механизм блокировки в зависимости от химико-минералогического состава и морфологии минералов.

Ключевые слова: блокировка, проницаемость, скважина, минералогический состав, морфология, углеводороды.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

## SOMMAIRE

C.Z. 550.8 : 65.012.1

Zorilescu, D. *Réseaux de décision et algorithme de simulation pour la sélection des méthodes rationelles d'échantillonage géologique*

Basé sur les méthodes d'échantillonage conventionelles l'auteur présente des réseaux de décision pour la sélection des méthodes rationelles d'échantillonage en fonction des caractéristiques du gisement. Puis un algorithme de simulation est élaboré pour déterminer les conditions optimes des dimensions des échantillons et des distances de l'échantillonage, à côté d'une discution sur l'application rationelle de l'échantillonage géologique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.251 : 614.8

Biriescu, Al. *La transmission de l'orientation contrôlée en souterrain avec deux fils lestés dans un puits vertical*

Le procédé décrit par l'auteur permet l'introduction des orientations corrigées en souterrain, pratiquement identiques à celles réelles, quand les fils lestés sont situés sur la verticale.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 624.9 : 622.272

Rançea, Gh., Omota Maria et Botoroagă Maria *La stabilité des objectives amplassés dans la zone d'influence des travaux d'exploitation souterrain*

Après la présentation des extraits de normes sur les critères pour l'aproximation de la stabilité des constructions de surface qui se trouvent sous l'influence de l'exploitation minière de souterrain, les auteurs présentent quelques cas d'objectives affectés par le dépassement des déformations admissibles.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 621.311 : 622.271/272 : 620.9

Szabo, C. et Gönczi Maria *De la pratique de la disposition des bilans électriques des entreprises du Combinat Charbonier Valea Jiului*

On présente le mode d'organisation et l'activité du groupe de bilans de l'Institut de recherches minières pour charbon de Petroşani en cooperation avec le Centre de calcul électronique de Petroşani pour la disposition des bilans energetiques ayant comme but la réduction des pertes et l'amélioration des rendements.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.765 : 622.344

Popa, M. et al. *L'établissement de la technologie de préparation du minerai partiellement oxidé du gisement de Tibleş*

Ayant en vue la complexité minéralogique et le contenu appréciable en minéraux oxidiques, les auteurs arrivent à la conclusion que le minerai du gisement Tibleş l'on peut préparer avec bons indices qualitatifs et d'extraction et que la plus moins couteuse alternative pour obtenir des concentrés en plomb, zinc et pyrite est celle de la flottation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.353.4 : 551.5 : 552

Pop, N., Pop Vera et Kovacs, P. *Des données minéralogiques, pétrographiques et géochimiques sur les tufs volcaniques zéolitisés des basins Şimleu, Oaş et Izei*

Les auteurs analysent les tufs volcaniques néogènes des régions Sălaj, Oaş et Maramureş sous l'aspect minéralogique, pétrographique, géochimique et chimique necessaire pour justifier les programmes de recherches géologiques des roches zéolitisés et pour délimiter les zones de perspective immédiate visant leurs valorisation ainsi que pour justifier les programmes de recherches technologiques et l'achèvement des documentations sur l'activité de recherche géologique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 661.9 : 553.98

Pârcălăbescu, I. D. *Sur l'interaction entre le bioxide de charbon en phase liquide et le milieu solide des collecteurs de hydrocarbures fluides*

Pour élargir la connaissance théorique de l'action du bioxide de charbon comme agent de dislocation, on présente un modèle de laboratoire de l'interaction entre le bioxide de charbon en phase liquide et le milieu solide des collecteures de hydrocarbures fluides.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.726 : 511.1

Gheorghiţoiu, M. *Le blocage provoqué par les facteurs minéralogiques et pétrographiques particuliers pour les formations productives*

L'auteur analyse l'influence négative du blocage de la zone permeable autour du trou d'une sonde à l'invasion avec filtrat des fluides de forage et pastilles au ciment dû aux minéraux argiloïdes des formations, ainsi que le méchanisme de blocage, traité sélectivement, en fonction de la composition chimique et minéralogique et de la morphologie des minéraux.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

**Informations**

# INHALT

C.Z. 550.8 : 65.012.1

Zorilescu, D. *Beschlussbäume und Simulationsalgorithmus für die Auswahl der rationellen Probenahmeverfahren*

Aufgrund der konventionellen Probenahmeverfahren Beschlussbäume als Funktion der Lagerstätteeigenschaften sind hergestellt. Eine Simulationsalgorithmus für die Bestimmung der optimalen Dimensionen der Probestücke und der Probeabstände sowie Hinweise zur vernunftige Anwendung der geologischen Probenahme sind dargestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.251 : 614.8

Biriescu, Al. *Die Übertragung der geprüfte Orientierung untertag mit zwei belastete Faden in eine Schaft*

Das Verfahren erlaubt die Einführung von berichteten Orientierung, welche praktisch identisch mit der wirkliche ist, wenn die belastete Faden an der Vertikale des untertagen Platzes befindet sich.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 624.9 : 622.272

Rancea, Gh., Omota Maria und Botoroagă Maria *Die Standfestigkeit der Objekte von der Einflusszone der untertage Bergbauarbeiten*

Nach der Darstellung der Normen hinsichtlich die Kriterien für die Annäherung der Standfestigkeit der Übertagebauen unter des Einflusses des untertage Bergbaus, die Verfassern stellen einige Fälle von beschädigten Objekte wegen der Überschreitung der zulässigen Deformationen dar.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 621 311 : 622.271/272 : 620.9

Szabo, C. und Gönczi Maria *Aus der Erfahrung der elektrischen Bilanzen nach der Unternehmen von Valea Jiului Bergbaukombinat*

Der Organisierungsart und die Tätigkeit der Bilanzgruppe vom Bergmännische Forschungsinstitut für Kohle Petroşani sowie auch die Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Elektronische Rechnung Petroşani hinsichtich die Durchführung der Energiebilanzen für die Verringerung der Verluste und die Leistungsverbesserung sind vorgelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.765 : 622.344

Popa, M. et al. *Die Bestimmung der Aufbereitungstechnologie des teilweisen oxidierten Erzes von Tibleş Lagerstätte*

Im Hinblick auf die komplexe mineralogische Natur und den beträchtliche Gehalt von der Oxidmineralien, die Verfassern folgern dass die Flotation ist die beste Aufbereitungsverfahren welche kann billige Preis, überlegen Qualität und Ausbringen für Blei-, Zinn- und Schwefelkonzentraten versichern.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

C.Z. 622.353.4 :551.5.552

Pop, N., Pop Vera und Kovacs, P. *Mineralogische, petrographische und geochemische Ergebnissen über die Zeolithvulkanischentuffen von Şimleu, Oaş und Iza Becken*

Die Verfassern analysieren die Neogen-Vulkanischentuffen von Sălaj, Oaş und Maramureş Regionen unter mineralogische, petrographische, chemische und geochemische Gesichtspunkt notwendig für die Feststellung der geologischen Forschungsprogramme der Zeolithgebirge.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 661.9 :553.98

Pârcălăbescu, I. D. *Über die Wechselwirkung des Kohlendioxyds in flüssige Phase mit dem festen Medium der Sammler von flüssigen Kohlenwasserstoffe*

In Berücksichtigung auf die Erweiterung der theoretische Erkenntniss über die Tätigkeit des Kohlendioxyds als dislokationsagent, im Artikel eine Modellierung in Laborbedingungen der Wechselwirkung des Kohlendioxyds in flüssige Phase mit dem festen Medium der Sammler von flüssigen Kohlenwasserstoffe sind vorgelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

C.Z. 622.726 :551.1

Gheorghiţoiu, M. *Die Blockierung der Produktivformationen wegen der spezifische mineralogische-petrographische Faktoren*

Der Varfasser analysiert den unglückselige Einfluss der Blockierung der durchlässige Zone um der Bohrloch nach der Invasion mit Spülflüssigkeiten und Zementtableten wegen der Tonmineralien, sowie auch das Blockierungsmechanismus als Funktion der chemische-mineralogische Zusammenfassung und Mineralmorphologie.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 4, 1982

---

**Nachrichten**

---

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod. 71104, C.P. 22–146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informaţia" str. Brezoianu nr. 23–25, Bucureşti, c. 2142
*Taxele poştale achitate conform aprobării D.G.P.Tc. 138/6368/1982*

# Arbori de decizie şi algoritm de simulare pentru alegerea metodelor raţionale de probare geologică

Dr. mat. **D. Zorilescu**
Institutul de geologie şi geofizică Bucureşti

## I. Introducere

Problema alegerii şi raţionalizării metodelor de probare geologică, datorită importanţei sale, a făcut obiectul a numeroase cercetări concretizate şi sub forma unor publicaţii în reviste de specialitate sau monografii.

În cele ce urmează, în capitolul al doilea, vom construi arbori (reţele) de decizie pentru selectarea metodelor de probare în funcţie de diferite criterii corelate (aspect mineralizaţie, repartiţia componenţilor utili, grosime, duritate rocă), iar în capitolul al treilea vom prezenta un algoritm de simulare, atît pentru determinarea metodei optime, cît şi a dimensiunilor şi echidistanţelor optime ale probelor.

Prin simulare se înlocuiesc unele experimentări practice reale, creîndu-se doar o singură experimentare iniţială pe zone reprezentative ale zăcămîntului, în scopul de a obţine informaţiile necesare despre natura mineralizaţiei.

Pe baza acestor informaţii, cu ajutorul unui calculator electronic, se simulează realitatea pe o suprafaţă dată a unei galerii (tavan, perete lateral sau front de abataj). Se simulează apoi aplicarea diferitelor metode de probare şi se compară rezultatele obţinute cu realitatea simulată. În acest fel cheltuielile de probare, prelucrare şi analiză, precum şi timpul de muncă se diminuează de circa 3—4 ori.

Un alt avantaj al simulării este acela că, eliminînd o parte din experimentările practice necesare pentru alegerea metodei de probare, micşorează durata de stagnare a lucrării de explorare din cauza acestor experimentări.

## II. Arbori de decizie pentru alegerea metodelor de probare

În literatura de specialitate, autohtonă sau străină, se prezintă uneori sintetic metodele de probare aplicabile sau verificate deseori în practică pentru diferite tipuri de zăcăminte sau după diferite criterii, funcţie de modul în care un autor sau altul a abordat problema probării.

Prezentarea descriptivă a metodelor, ceea ce se foloseşte dealtfel şi în unele instrucţiuni privind probarea geologică, nu asigură o decizie rapidă şi raţională privind alegerea metodei de probare.

Din cercetările efectuate asupra modului de aplicare a metodelor de probare în ţara noastră, se constată preferinţa de distribuire a metodelor de probare după tipul mineralizaţiei (minereuri neferoase cantonate în roci eruptive etc.), cu toate că unele caracteristici esenţiale ale metodelor (interval de probare, dimensiuni probe) nu diferă prea mult de la un tip de minereu la altul, dimensiunile probelor fiind, de exemplu, aceleaşi peste tot ($1 \times 0{,}1 \times 0{,}05$).

Clasificarea metodelor de probare după tipul mineralizaţiei este foarte ambiguă. Spre exemplu, în clasa minereuri neferoase cantonate în roci eruptive pot intra zăcăminte foarte diferite între ele ca aspect al mineralizaţiei, ca grad de repartiţie a componenţilor utili, ca grosimi posibile etc.

Ne propunem să prezentăm o nouă metodă, simplă şi intuitivă, bazată pe construirea unor reţele de decizie (arbori de decizie) care să faciliteze alegerea metodei/metodelor ce corespund cel mai bine posibil unor criterii corelate între ele.

Am ajuns la concluzia că cele mai realiste criterii de alegere a metodei sînt cele legate de aspectul mineralizaţiei, caracteristica repartiţiei componenţilor utili, grosimea mineralizaţiei, duritatea rocilor, conturul mineralizaţiei.

Oricare alte criterii se pot intercala cu uşurinţă în reţelele elaborate.

În tabelul 1 se sintetizează mai întîi repartiţia metodelor de probare după diferite criterii, iar în figurile 1...6 se prezintă aceste reţele, fiecare corespunzînd unui anume aspect al mineralizaţiei (masiv, breccios, rubanat, impregnaţie, cuiburi, reţea de filonaşe).

Fiecare geolog cu experienţă recunoaşte, cu uşurinţă, aspectul mineralizaţiei, care se poate schimba, chiar în cadrul aceluiaşi zăcămînt, de la o zonă la alta. Prin urmare, o selectare a metodelor de probare după „aspect" este mult mai realistă şi are un caracter mult mai „dinamic".

Pentru fiecare aspect al mineralizaţiei se pot întîlni diferite valori ale caracteristicilor de variabilitate a componenţilor utili (diferite valori ale coeficienţilor de variaţie pentru mineralizaţie uniformă, neuniformă, foarte neuniformă, extrem de neuniformă).

De asemenea, în cadrul aceluiaşi zăcămînt, cu acelaşi aspect de mineralizaţie şi acelaşi coeficient de variaţie, pot apare zone cu grosimi mai mari sau mai mici, cu durităţi mai mari sau mai mici.

Din aceste motive este nevoie de o schemă de corelare a diferitelor aspecte, ceea ce am putut realiza prin ideea de „arborescenţă", aşa cum rezultă din figurile 1...6.

Spre exemplu, dacă într-o zonă a unui zăcămînt apare o rocă cu aspect masiv, o mineraliza-

*Tabelul 1*

| Criteriul | Caracteristica | Metoda de probare | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| Aspect | Masiv | + | (+) | + | + | + | (+) | + |
| | Breccios | + | – | – | (+) | + | – | + |
| | Rubanat | – | + | + | (+) | + | + | + |
| | Impregnaţie | + | (+) | + | (+) | + | (+) | + |
| | Cuiburi | – | – | – | – | + | – | + |
| | Reţea de filonaşe | – | – | + | (+) | + | + | + |
| | Zăcăminte aluvionare | + | + | – | + | – | + | (+) |
| Repartiţia componenţilor utili | Uniformă | + | (+) | + | (+) | + | + | + |
| | Neuniformă | – | – | + | (+) | + | – | + |
| | Foarte neuniformă | – | – | – | (+) | – | – | (+) |
| | Extrem de neuniformă | – | – | – | + | – | – | (+) |
| Grosime | Peste 2 m | + | (+) | + | (+) | + | + | + |
| | Între 0,1 şi 2 m | + | – | + | (+) | + | + | – |
| | Sub 0,1 m | – | – | – | + | (+) | – | – |
| Duritate | Roci moi | – | – | + | + | (+) | – | – |
| | Roci cu friabilitate diferită a mineralizaţiei | – | (+) | + | + | – | (+) | + |
| | Roci dure | – | + | – | (+) | + | + | (+) |

I — informativă; II — prin puncte; III — din vrac; IV — prin brazde; V — prin răzuire; VI — prin găuri de mină; VII — globală; + metode posibil de aplicat; (+) metodele cele mai raţionale

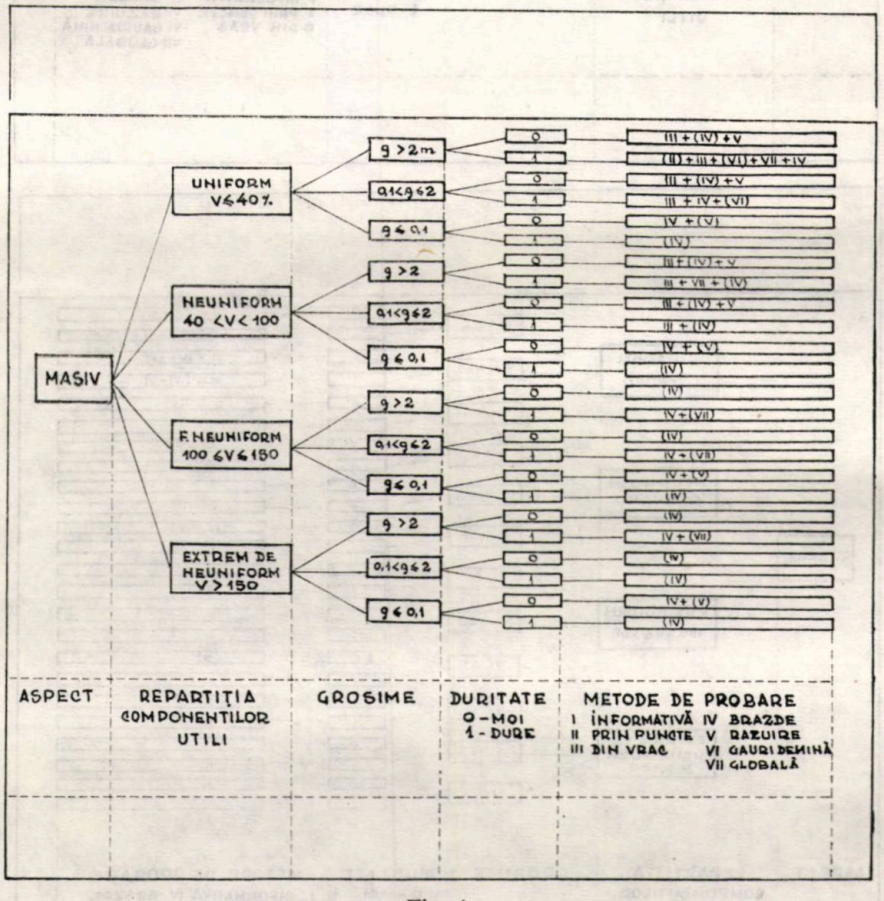



Fig. 1

ţie neuniformă cu grosimi peste 2 m şi o rocă dură, se alege reţeaua din figura 1, se caută varianta ce corespunde acestor caracteristici şi se citeşte că metodele posibil de aplicat sînt III, IV şi VII, adică probare din vrac, probare prin brazde sau probare globală.

Pe alte variante se poate găsi o singură metodă posibilă.

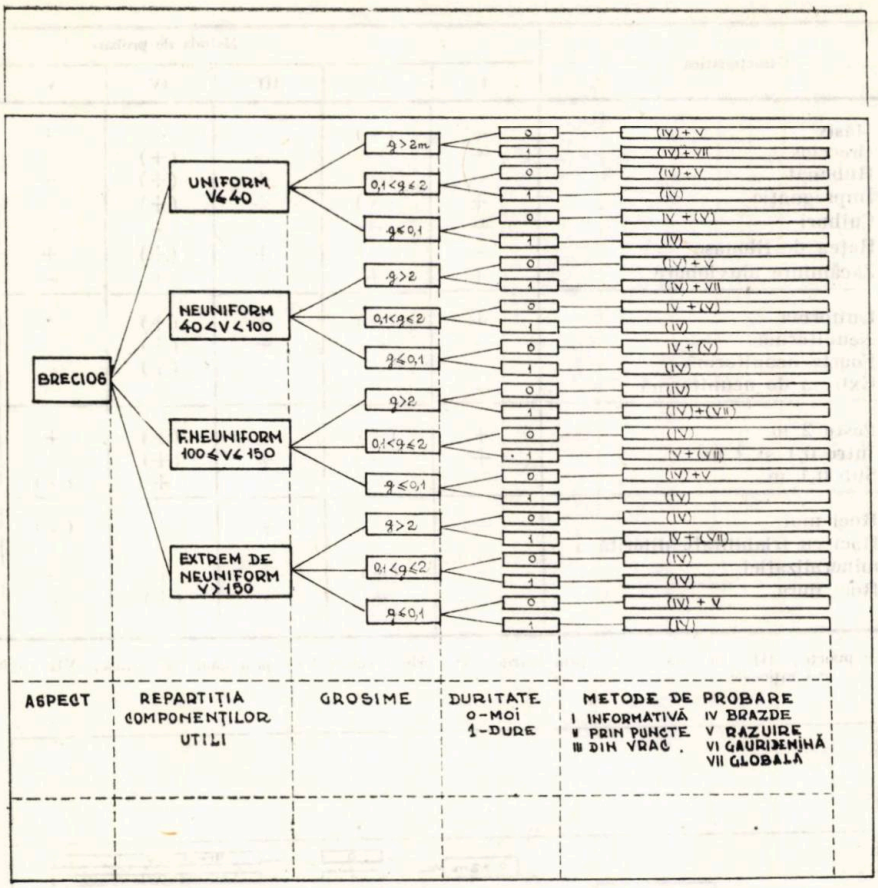

BRECIOS
UNIFORM V≤40
NEUNIFORM 40<V<100
F.NEUNIFORM 100≤V≤150
EXTREM DE NEUNIFORM V>150
g>2m
0,1<g≤2
g≤0,1
g>2
0,1<g≤2
g≤0,1
g>2
0,1<g≤2
g≤0,1
g>2
0,1<g≤2
g≤0,1
0
1
(IV) + V
(IV) + VII
(IV)
IV + (V)
(IV) + V
(IV) + VII
(IV)
(IV) + V
(IV)
(IV) + (VII)
(IV)
IV + (VII)
(IV) + V
(IV)
(IV)
IV + (VII)
(IV)
(IV)
ASPECT
REPARTIȚIA COMPONENȚILOR UTILI
GROSIME
DURITATE 0-MOI 1-DURE
METODE DE PROBARE
I INFORMATIVĂ
II PRIN PUNCTE
III DIN VRAC
IV BRAZDE
V RAZUIRE
VI GĂURIDEMINĂ
VII GLOBALĂ

Fig. 2

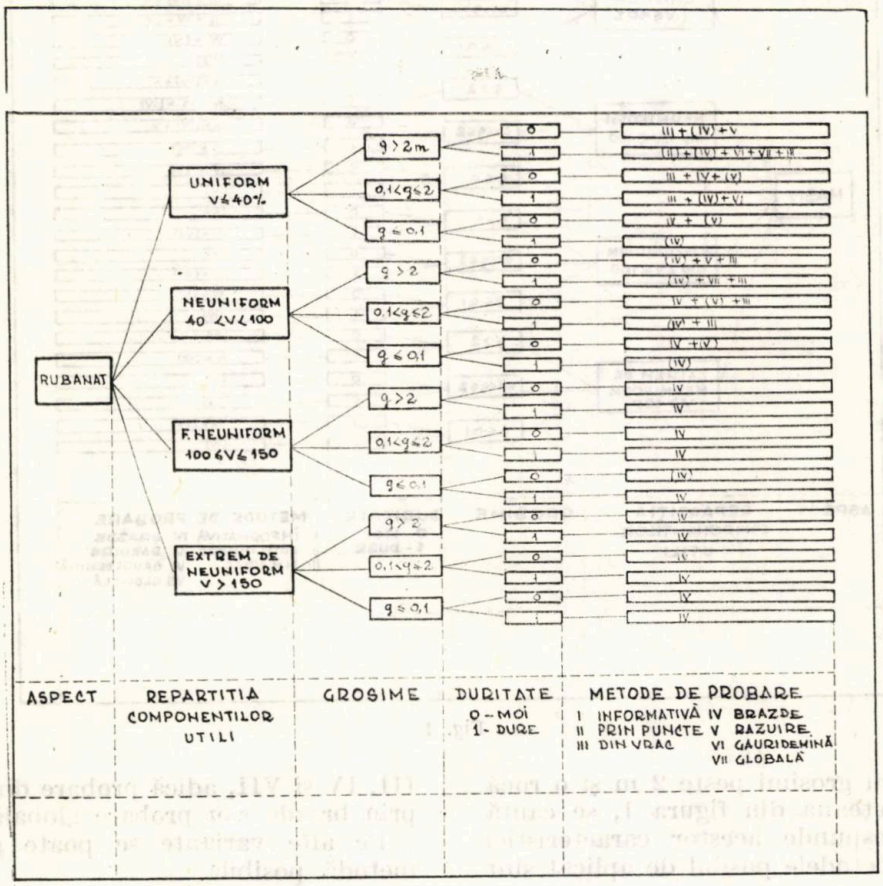

RUBANAT
UNIFORM V≤40%
NEUNIFORM 40 <V<100
F.NEUNIFORM 100≤V≤150
EXTREM DE NEUNIFORM V>150
g>2m
0,1<g≤2
g≤0,1
g>2
0,1<g≤2
g≤0,1
g>2
0,1<g≤2
g≤0,1
g>2
0,1<g≤2
g≤0,1
0
1
III + (IV) + V
III + IV + (V)
III + (IV) + V
IV + (V)
(IV)
(IV) + V + III
IV + (V) + III
(IV) + III
IV + (V)
(IV)
IV
IV
IV
IV
(IV)
IV
IV
IV
IV
IV
IV
ASPECT
REPARTITIA COMPONENTILOR UTILI
GROSIME
DURITATE 0-MOI 1-DURE
METODE DE PROBARE
I INFORMATIVĂ
II PRIN PUNCTE
III DIN VRAC
IV BRAZDE
V RAZUIRE
VI GĂURIDEMINĂ
VII GLOBALĂ

Fig. 3

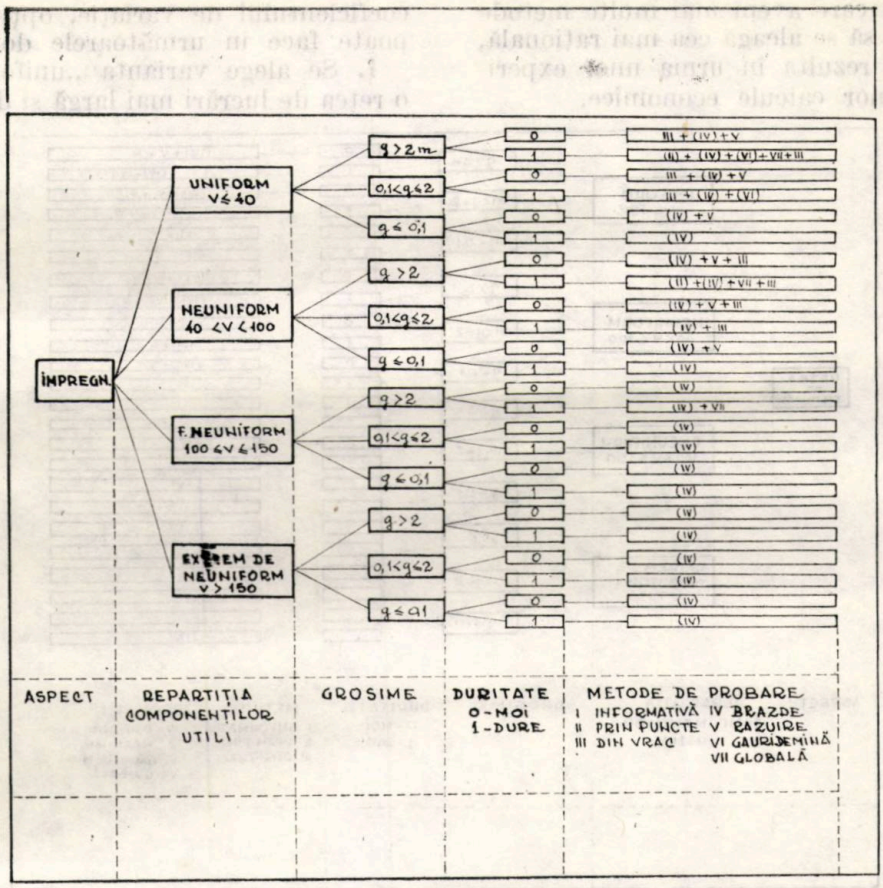

ÎMPREGN.
UNIFORM V≤40
NEUNIFORM 40 <V<100
F. NEUNIFORM 100 ≤V≤150
EXTREM DE NEUNIFORM V>150
q>2m
0,1<q≤2
q≤0,1
ASPECT
REPARTIȚIA COMPONENȚILOR UTILI
GROSIME
DURITATE 0-MOI 1-DURE
METODE DE PROBARE
I INFORMATIVĂ
II PRIN PUNCTE
III DIN VRAC
IV BRAZDE
V RAZUIRE
VI GĂURI DEMINĂ
VII GLOBALĂ

Fig. 4

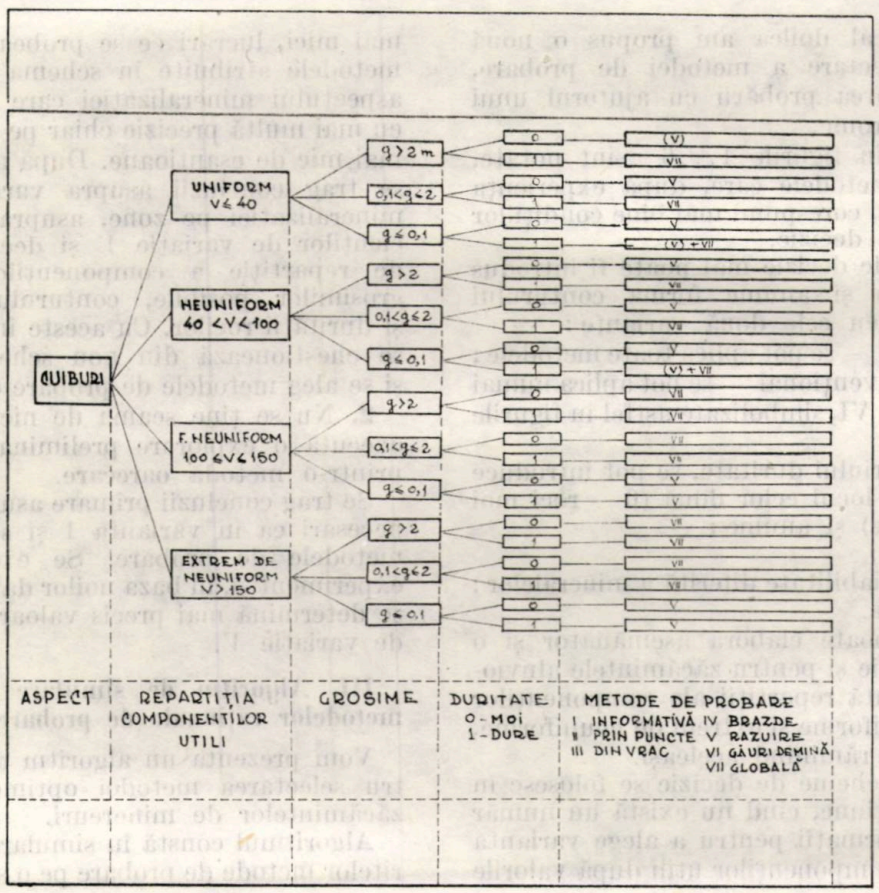

CUIBURI
UNIFORM V≤40
NEUNIFORM 40 <V<100
F. NEUNIFORM 100 ≤V≤150
EXTREM DE NEUNIFORM V>150
q>2m
0,1<q≤2
q≤0,1
ASPECT
REPARTIȚIA COMPONENȚILOR UTILI
GROSIME
DURITATE 0-MOI 1-DURE
METODE DE PROBARE
I INFORMATIVĂ
II PRIN PUNCTE
III DIN VRAC
IV BRAZDE
V RAZUIRE
VI GĂURI DEMINĂ
VII GLOBALĂ

Fig. 5

În cazurile în care avem mai multe metode posibile, trebuie să se aleagă cea mai rațională, alegere care va rezulta în urma unor experimentări și a unor calcule economice.

coeficientului de variație, opțiunea inițială se poate face în următoarele două variante.

**1.** Se alege varianta „uniform" ce implică o rețea de lucrări mai largă și deci cu cheltuieli

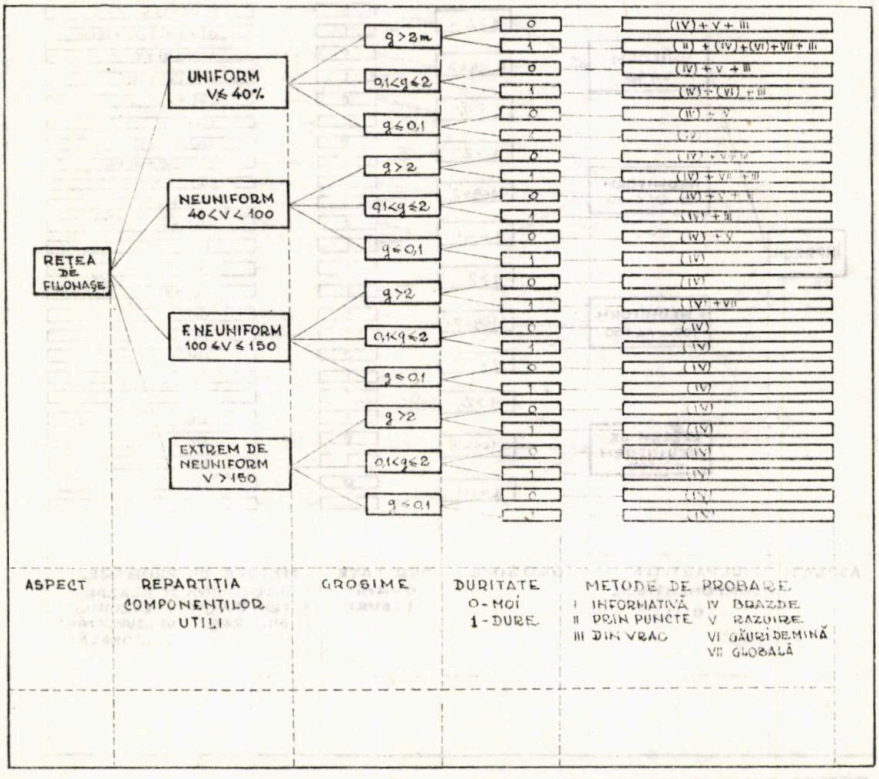



Fig. 6

În capitolul al doilea am propus o nouă metodă de selectare a metodei de probare, folosind modelarea probării cu ajutorul unui calculator electronic.

În rețelele din figurile 1...6 sînt notate, în paranteză, metodele care, după experiența diferiților autori, corespund mai bine condițiilor din arborele de decizie.

În schemele de decizie mai poate fi introdus încă un criteriu și anume forma conturului unui zăcămînt cu cele două variante :

- contur net — se pot aplica toate metodele ;
- contur convențional — se pot aplica numai metodele II, IV, VI, simbolizate astfel în figurile 1—6.

În cazul criteriului duritate, se pot introduce trei variante în locul celor două (0 — roci moi și 1 — roci dure) și anume :

0 — roci moi ;

1 — roci cu friabilitate diferită a mineralelor ;

2 — roci dure.

În plus, se poate elabora asemănător și o schemă de decizie și pentru zăcămintele aluvionare care prezintă repartiții ale componenților utili foarte neuniforme și extrem de neuniforme, celelalte criterii rămînînd aceleași.

Dacă aceste scheme de decizie se folosesc în faza de prospecțiune, cînd nu există un număr suficient de informații pentru a alege varianta de repartiție a componenților utili după valorile mai mici, lucrări ce se probează prin una din metodele atribuite în schema corespunzătoare aspectului mineralizației care se poate decide cu mai multă precizie chiar pe un număr inițial mai mic de eșantioane. După acest experiment se trag concluzii asupra variației aspectului mineralizației pe zone, asupra valorilor coeficienților de variație $V$ și deci asupra tipului de repartiție a componenților utili, asupra grosimilor posibile, conturului mineralizației și durității rocilor. Cu aceste informații inițiale se chestionează din nou schemele de decizie și se aleg metodele de probare corespunzătoare.

**2.** Nu se ține seama de nici un criteriu, se execută o explorare preliminară și o probare printr-o metodă oarecare.

Se trag concluzii primare asupra parametrilor necesari ca în varianta 1 și se alege metoda/metodele de probare. Se execută al doilea experiment și, în baza noilor date de cunoaștere, se determină mai precis valoarea coeficientului de variație $V$.

### III. Algoritm de simulare pentru alegerea metodelor raționale de probare

Vom prezenta un algoritm de simulare pentru selectarea metodei optime de probare a zăcămintelor de minereuri.

Algoritmul constă în simularea aplicării diferitelor metode de probare pe o suprafață dintr-o

galerie (tavan, perete lateral, front de înaintare). Efectuîndu-se această simulare cu ajutorul unui calculator electronic, se va realiza înlocuirea unor experimente practice costisitoare cu un experiment pe model.

Pentru a rămîne în limitele relației se va proceda în felul următor.

Pe o zonă reprezentativă a unei mineralizații sau chiar pe mai multe zone dacă este cazul (zăcăminte cu caracter de zonalitate pronunțat) se va aplica metoda de probare cu cea mai mare obiectivitate, reprezentativitate și operativitate (în general metoda probării prin găuri de mină care este și cea mai mecanizată metodă) într-o rețea de o desime suficientă pentru a surprinde caracterul variabilității mineralizației. Avînd în vedere că prin simulare se vor înlocui experimentările practice prin alte metode, ne putem permite ca rețeaua de probare inițială să fie cît mai deasă.

Prin acest unic experiment real se va surprinde caracterul distribuției mineralizației. Astfel, pe baza conținuturilor în elementul util considerat al probelor recoltate se va determina repartiția pe clase de valori a acestor conținuturi, adică se vor determina frecvențele absolute ale claselor.

Se poate face apoi un studiu statistico-matematic ce va indica cea mai bună lege de repartiție care va descrie cel mai bine posibil distribuția empirică găsită (reală).

Aceste legi de distribuție ale conținuturilor în elemente utile pot fi legi exponențiale, normale sau lognormale.

Odată descoperită legea de distribuție teoretică, care caracterizează mineralizația unui zăcămînt, se poate folosi apoi pentru simularea conținuturilor pe un model de galerie (tavan, perete lateral, front de înaintare), modelul înregistrat în memoria unui calculator.

Metodele de simulare a valorilor care se înscriu în anumite legi de distribuție se găsesc descrise în detaliu în lucrările [1; 2; 3].

Apar însă cazuri frecvente cînd nu se pot determina, cu suficientă precizie legile teoretice de repartiție concordante cu distribuțiile empirice ale mineralizațiilor.

În aceste cazuri este recomandabil să se utilizeze, pentru simulare, chiar distribuția empirică (reală) găsită prin experimentul inițial.

Practic se procedează în felul următor.

În memoria unui calculator se înregistrează dimensiunile unei suprafețe de lățime egală cu lățimea sau înălțimea unei galerii (2 m), dar de lungime mai mare sau egală cu lungimea zonei reprezentative (sau suma lungimilor zonelor) care a fost probată prin experimentul inițial.

Se inițiază, cu ajutorul calculatorului, împărțirea acestei suprafețe în suprafețe elementare cît mai mici, realizîndu-se astfel o matrice $M(i, j)$ ale cărei elemente vor fi suprafețele elementare caracterizate de centrul lor.

În funcție de capacitatea calculatorului este bine ca suprafețele elementare să fie cît mai mici.

Considerăm că este suficient dacă aceste suprafețe elementare vor ti de 1 cm$^2$. Suprafața elementară ar fi suprafața în secțiune plană a unui volum de rocă a cărui înălțime este egală cu lungimea găurii de mină din experimentul inițial. Dacă se ia o suprafață cu lățimea de 2 m și lungimea de 10 m, va rezulta o matrice cu $200 \times 1\,000 = 200\,000$ elemente. Dacă se atașază suprafeței elementare o anumită valoare din distribuția conținuturilor în elementul util considerat, atunci aceasta ar corespunde în realitate cu conținutul mediu al volumului de rocă dislocată într-o gaură de mină.

Pentru a păstra caracterul real al acestui proces de atașare a valorilor la suprafețele elementare inițiale, se va proceda la alegerea lor aleatoare (întîmplătoare) din distribuția reală găsită.

Să presupunem că distribuția reală a condus la clasele de valori notate $(a_1, a_2)$; $(a_2; a_3)$, $(a_3; a_4)$ ..... adică la clasele de forma $(a_k; a_{k+1})$ cu $k = 1, 2, \ldots\ldots$; cu conținuturile medii ale claselor $X_k$ și numărul de date din fiecare clasă $n_k$ numărul total de date fiind $N$.

Se calculează frecvențele relative $f_k = \frac{n_k}{N}$ și frecvențele relative cumulate $F_k$ de forma:

$$F_1 = f_1$$
$$F_2 = F_1 + f_2$$
$$F_3 = F_2 + f_3$$
$$F_n = F_{n-1} + f_n$$

Pentru alegerea întîmplătoare a unei valori $X_k$ din distribuția empirică, se va genera mai întîi un număr aleator $y$ uniform repartizat în intervalul (0, 1).

Există diferite metode de generare a acestor numere aleatoare [1; 3], metode ce depind de tehnica de calcul utilizată. Centrele de calcul de capacitate mare, cum sînt centrele teritoriale de calcul, Centrul de calcul al Universității București sau altele ce funcționează în țară, posedă programe speciale de generare a acestor numere aleatoare.

Pentru aplicații manuale se pot utiliza și tabelele de numere aleatoare [3].

Fie $y$ un astfel de număr aleator.

Se compară numărul $y$ cu frecvențele relative cumulate $F_k$.

Dacă $F_k \leqslant y \leqslant F_{k+1}$, atunci considerăm că s-a generat clasa de valori $(a_k; a_{k+1})$ și se alege drept conținut al unei suprafețe elementare conținutul mediu $X_k$ al acestei clase.

În acest fel se asigură caracterul real al datelor simulate pentru suprafețele elementare din matricea $M(i, j)$.

Se va obține, în final, umplerea matricei $M(i, j)$ cu valori $X(i, j)$ ce corespund conținuturilor într-un anumit element util.

Se poate considera acum că suprafața modelată în memoria unui calculator cu conținuturile înregistrate reprezintă realitatea existentă pe o suprafață reală a unei galerii.

Variabilitatea reală a mineralizației se păstrează astfel pe suprafața simulată.

Dacă pe suprafața reală pe care s-a executat o probare prin una din metodele cunoscute s-au constatat și discontinuități ale mineralizației, în sensul că apar anumite zone cu steril, atunci se poate determina și o distribuire a ariilor acestor zone, care se pot simula și înregistra pe suprafața modelată.

Aceasta se traduce prin aceea că anumitor suprafețe elementare din matricea $M(i, j)$ li se vor atașa valori $X(i, j) = 0$. Suprafețele cu $X(i, j) = 0$ pot fi suprafețe patratice (suprafețe circulare sterile), suprafețe dreptunghiulare (corespunzînd fișiilor sau benzilor de steril) sau suprafețe de formă oarecare, în cazul unor forme mai complicate de mineralizație.

Este recomandabil ca în studii de acest fel, efectuate cu calculatorul, să se introducă astfel de suprafețe sterile ce ar caracteriza eventuale discontinuități, chiar dacă ele nu au fost observate practic. În felul acesta s-ar diminua riscurile pentru cazul cînd în alte zone ale zăcămîntului vor apare discontinuități.

După modelarea prin simulare a unei arii mineralizate, se poate trece la procesul de simulare a probării prin diferite metode (probare direcțională prin brazde; probare transversală prin brazde echidistante și de dimensiuni date; probare prin puncte la echidistanțe date, de ex. probare prin găuri de mină, probare prin răzuire pe suprafețe de lățimi date situate la echidistanțe date).

Pentru fiecare metodă și sistem de probare se stabilesc parametrii de intrare (dimensiunile brazdelor sau suprafețelor ce se răzuie și echidistanțele de probare). Cunoscînd aceste date se vor putea organiza memorii speciale care vor corespunde unor submatrici din matricea suprafeței totale $M(i, j)$.

Spre exemplu, în cazul probării prin brazde direcționale cu lățimea de 10 cm a tavanului unei galerii, matricea elementelor corespunzătoare va fi o fișie direcțională formată din suprafețele elementare situate pe lățimea galeriei între centimetrii 96 și 105 și de lungime cît lungimea suprafeței totale considerate, adică o matrice cu $i = 96, 97, \ldots 105$ și $j = 1, 2, 3, \ldots 1\,000$ și deci o matrice cu $10 \times 1000 = 10\,000$ elemente (pentru o lungime totală de 10 m).

Se constată că o astfel de probare direcțională extrapolează rezultatul obținut pe 10 000 elemente la o suprafață cu 200 000 elemente. Se probează deci doar 5% din suprafața totală.

Analize asemănătoare se pot face pentru fiecare metodă în parte.

În final pentru fiecare metodă și sistem de probare se va calcula conținutul mediu $\bar{X}_k$, prin $k$ am notat simbolul metodei, volumul $V_k$ de rocă rezultat, costurile $C_k$ de pregătire, probare, prelucrare și analiză.

Se vor compara mai întîi conținuturile medii obținute prin diferite metode cu conținutul mediu real $\bar{X}_0$, adică cu conținutul mediu al întregii suprafețe modelate prin simulare.

Pentru aceasta se calculează erorile relative de estimare:

$$\delta_k = \frac{|\bar{X}_k - \bar{X}_0|}{\bar{X}_0} \cdot 100$$

și se compară cu o eroare dată (acceptabilă).

În general se poate accepta o eroare maximă de 5%.

Dacă $\delta_k \leqslant 5\%$, atunci se alege metoda cu simbolul $k$, în caz contrar se respinge. Metoda ce satisface relația $\delta_k \leqslant 5\%$ este metoda cea mai reprezentativă.

În cazul în care mai multe metode satisfac această inegalitate, se trece la aplicarea unui criteriu de eficiență economică. Se calculează costurile $C_k$ menționate și se alege metoda cu $C_k$ minimum.

Metoda propusă de noi are avantajul că poate permite simularea și a altor sisteme de probare, precum și practicarea cît mai multor variante pentru dimensiunile probelor și echidistanțelor de probare. Cu ajutorul unui calculator electronic acest lucru se face mult mai operativ și mult mai eficient din punctul de vedere al costurilor, conducînd totodată la cea mai reprezentativă metodă (deoarece se pot experimenta oricît de multe) și la eliberarea unui număr de oameni din activitățile de probare, pregătire și analiză.

Practic se execută doar un experiment real, eliminîndu-se astfel alte 3—4 experimente costisitoare, de durată și care au inconvenientul că produc perturbații și în procesul de muncă în subteran.

Se apreciază o reducere a cheltuielilor și a fondului de timp de 3—4 ori, economii care depășesc cu mult cheltuielile solicitate de folosirea unei tehnici electronice de calcul.

În continuare vom prezenta, sub forma unei scheme logice, iterațiile algoritmului de simulare a probării.

În figura 7 prezentăm o schemă logică pentru selectarea prin simulare a metodei optime de probare.

Din necesitatea realizării unei figuri de dimensiuni reduse, diferitele acțiuni din schema logică au fost simbolizate prin numerele $1, 2, \ldots 19$, iar în continuare sînt explicitate aceste

acțiuni cu explicațiile necesare unei mai bune înțelegeri a funcționării algoritmului.

Metoda poate fi ușor programată pentru calculatoarele ce funcționează în țară.

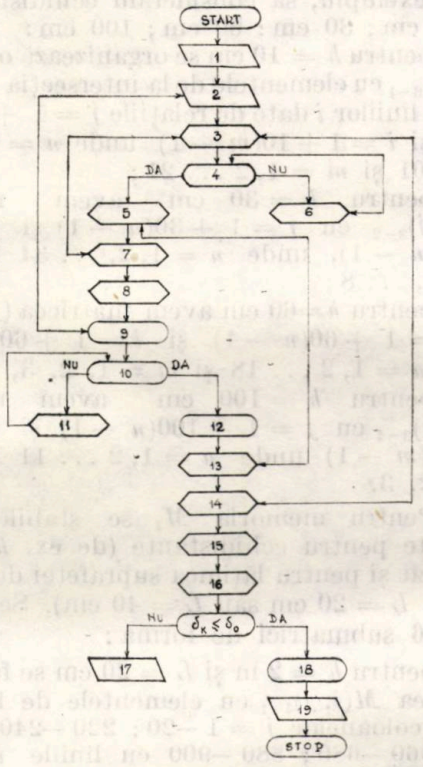



Fig. 7

Datorită operativității metodei, astfel de selectări a metodei de probare se pot face ori de cîte ori într-un zăcămînt apar zone cu caracteristici diferite de cele anterioare.

Prezentăm, în continuare, explicațiile simbolurilor din figura 7.

1. Date de intrare

— conținuturi medii pe clase din distribuția de valori obținută în urma unui experiment practic $X(I)$;

— clase de numere aleatoare atașate distribuției practice $C(I)$;

— index memorii pe metode de probare $M_k$;

— echidistanțe de probare pe metode;

— dimensiunile suprafeței pe care se face simularea;

— dimensiunile suprafeței elementare pentru care se generează conținuturi;

— se fixează matricea $M(i, j)$ a suprafețelor elementare în care se vor genera numere aleatoare;

— date privind capacitatea calculatorului (dacă este cazul).

2. Inițiază matricile $M(i, j)k$ necesare pentru memoriile corespunzătoare diferitelor metode de probare.

Se au în vedere următoarele memorii $M_k$ cu $k = 0, 1, 2, 3, 4$;

$M_0$ — memoria „globală" (probare continuă a suprafeței de probare;

$M_1$ — memoria „probare longitudinală" (brazde continue direcționale);

$M_2$ — memoria „probare transversală" (brazde transversale la echidistanțe date);

$M_3$ — memoria „probare prin puncte" (găuri de mină la echidistanțe date);

$M_4$ — memoria „probare prin răzuire" (probare continuă pe dreptunghiuri transversale la echidistanțe date și de lățimi date).

Memoriile $M_2$; $M_3$ și $M_4$ vor fi organizate pentru fiecare echidistanță aleasă.

3. Generează un număr aleator $N \in (0, 1)$

În funcție de tipul calculatorului, se va alege cea mai bună metodă de generare a numerelor aleatoare și anume aceea care păstrează caracterul aleator al numerelor pentru o perioadă mare de numere.

Unele calculatoare posedă programe speciale de generare a numerelor aleatoare.

4. Compară $N$ generat cu prima clasă de numere aleatoare atașată $C(I)$

Dacă $(a_i; a_{i+1})$ cu $i = 0, 1, 2 \ldots$ sînt limitele claselor $C(I)$ atașate, atunci se compară $N$ cu clasa $C$ $C(0) = (a_0; a_1)$. Dacă $a_0 \leqslant N \leqslant a_1$ se trece la pasul 5, în caz contrar se trece la 6, se mărește cu o unitate indicele clasei $i$ $C(0 + 1)$ și se repetă pasul 4.

5. Generează primul conținut $X(I)$ ce se înscrie în matricea $M(i, j)$ la elementul $i = 0$; $j = 0$. Conținutul generat va fi conținutul mediu $X(I)$ al clasei generate $C(I)$.

6. Mărește cu o unitate indicele $i$ al clasei și compară cu $N$ generat la pasul 3, se repetă pasul 4.

7. Însumează în memoria $M_0$ și adaugă 1 la indexul memoriei $I(M_0) = I(M_0) + 1$

8. Calculează valoarea medie $\bar{X}(I)_0$ a datelor înregistrate în memoria $M_0$ și se revine la 3:

$$\bar{X}(I)_0 = \frac{\Sigma X(I)}{I(M_0)}$$

9. Selectează matricea $M(i, j)$ corespunzătoare unei metode $M_k$ de probare

Se ia $k$ succesiv egal cu 0, 1, 2, 3, 4.

10. Matricea $M(i, j)$ corespunde metodei $k$?

Dacă „Nu" se trece la 11, dacă „Da" se trece la 12.

11. Se mărește $k$ cu o unitate ($k + 1$) și se repetă pasul 10.

12. Selectează caracteristicile metodei de probare ce corespunde memoriei $M_k$

În funcție de metoda de probare se va selecta ecnidistanța de probare, lățimea brazdei sau lățimea zonei ce se răzuie în cazul metodei de probare prin răzuire. Se trece la 13.

13. Scoate din matricea $M(i, j)$, generată la pasul 5, conținutul elementului $(i, j)$ corespunzător poziției ce o ocupă în matricea memoriei $M_k$ adică într-o matrice $M(i, j)k$.

Exemplu.

Să presupunem o matrice $M(i, j)$ de $200 \times \times 1\,000$ elemente ce ar corespunde unei suprafețe de $2 \times 10$ m², adică o porțiune dintr-o galerie (tavan sau perete lateral) de lungime 10 m și lățime 2 m.

Considerăm o suprafață elementară de 1 cm², suprafață pentru care se generează, prin procedeul ales, o valoare a conținutului în elemente utile.

Cu aceste suprafețe elementare se pot forma matricile corespunzătoare memoriilor $M_k$ cu $k = 0, 1, 2, 3, 4$ în felul următor.

**a.** Pentru $M_0$ se consideră matricea totală $M(i, j)$ cu $200 \times 1\,000$ elemente.

**b.** Pentru $M_1$, dacă se consideră brazde de 10 cm lățime, matricea corespunzătoare va fi porțiunea din matricea $M(i, j)$ cu $i = 96 - 105$ cm, iar $j = 1, 2 \ldots 1\,000$, adică o matrice $M(i, j)$ 1 cu 10 linii și 1 000 coloane.

**c.** Pentru $M_2$ se stabilesc mai întîi echidistanțele de probare prin brazde. Spre exemplu, dacă se consideră patru variante pentru echidistanța $h$ de probare și anume $h = 1, 2, 3, 4$ m, atunci vor exista patru variante de matrici corespunzătoare lui $M_2$ pentru fiecare matrice variind coloanele $j$, astfel:

- dacă $h = 1$ m se organizează matricea $M(i, j)_{2-1}$ care conține elementele matricei globale $M(i, j)$ corespunzătoare intersecției coloanelor $j = 1 - 10$; 110 —120; 220 —230; 330 —340; 440 —450; 550 —560; 660 —670; 770 —780; 880 —890; 990 —1 000, cu liniile $i = 1, 2, \ldots 200$;
- dacă $h = 2$ m se organizează o matrice $M(i, j)_{2-2}$ ce conține elementele situate la intersecția coloanelor $j = 1 - 10$; 210 —220; 420 —430; 630 —640; 840 —850; 990 —1 000 cu liniile $i = 1, 2 \ldots 200$;
- dacă $h = 3$ m se formează $M(i, h)_{2-3}$ cu $j = 1 - 10$; 310 —320; 620 —630; 930 —940 și $i = 1, 2 \ldots 200$;
- dacă $h = 4$ avem matricea $M(i, j)_{2\cdot4}$ cu elementele de la intersecția coloanelor $j = 1 - 10$; 410 —420; 820 —830; 990 —1000 cu liniile $i = 1, 2 \ldots 200$.

În fiecare memorie corespunzătoare matricilor $M(i, j)_{2-p}$ cu $p = 1, 2, 3, 4$ se înregistrează succesiv suma conținuturilor suprafețelor elementare și numărul total de date însumate.

**d.** Pentru $M_3$ se stabilesc, de asemenea, variante de echidistanțe între punctele de probare.

De exemplu, să considerăm ecnidistanțele $h$ de 10 cm; 30 cm; 60 cm; 100 cm:

- pentru $h = 10$ cm se organizează o matrice $M(i, j)_{3-1}$ cu elementele de la intersecția coloanelor $j$ și liniilor $i$ date de relațiile $j = 1 + 10(n - 1)$ și $i = 1 + 10(m - 1)$ unde $n = 1, 2, \ldots \ldots 1001$ și $m = 1, 2 \ldots 21$;
- pentru $h = 30$ cm avem matricea $M(i, j)_{3-2}$ cu $j = 1 + 30(n - 1)$ și $i = 1 + + 30(m - 1)$, unde $n = 1, 2, \ldots 34$ și $m = = 1, 2, \ldots 8$;
- pentru $h = 60$ cm avem matricea $(Mi, j)_{3-3}$ cu $j = 1 + 60(n - 1)$ și $i = 1 + 60(m - 1)$ unde $n = 1, 2 \ldots 18$ și $m = 1, 2, 3, 4$;
- pentru $h = 100$ cm avem matricea $M(i, j)_{3-4}$ cu $j = 1 + 100(n - 1)$ și $i = 1 + + 100(m - 1)$ unde $n = 1, 2 \ldots 11$ și $m = = 1, 2, 3$.

**e.** Pentru memoria $M_4$ se stabilesc, atît variante pentru echidistanțe (de ex. $h = 2, 3, 5$ m), cît și pentru lățimea suprafeței de răzuire (de ex. $L = 20$ cm sau $L = 40$ cm). Se creează astfel 6 submatrici de forma:

- pentru $h = 2$ m și $L = 20$ cm se formează matricea $M(i, j)_{4-1}$ cu elementele de la intersecția coloanelor $j = 1 - 20$; 220 —240; 440 — 460; 660 —680; 880 —900 cu liniile $i = 1, 2 \ldots 200$;
- pentru $h = 2$ m dar $L = 40$ m, avem matricea $M(i, j)_{4-2}$ cu elementele de la intersecția coloanelor $j = 1 - 40$; 240 —280; 480 — 520; 720 —760; 960 —1 000 cu liniile $i = 1, 2 \ldots 200$;
- pentru $h = 3$ m și $L = 20$ cm, avem matricea $M(i, j)_{4-3}$ corespunzînd coloanelor $j = 1 - 20$; 320 —340; 640 —680; 980 —1000 și liniilor $i = 1, 2 \ldots 200$;
- pentru $h = 3$ m și $L = 40$ cm, avem matricea $M(i, j)_{4-4}$ corespunzînd coloanelor $j = 1 - 40$; 340 —380; 680 —720; 960 —1000 și $i = 1, 2 \ldots 200$;
- pentru $h = 5$ m și $L = 20$ cm, avem matricea $M(i, j)_{4-5}$ cu $j = 1 - 20$; 520 —540; 980 —1000 și $i = 1, 2 \ldots 200$;
- pentru $h = 5$ m și $L = 40$ cm, avem matricea $M(i, j)_{4-6}$ cu $j = 1 - 40$; 540 —580 și $i = 1, 2 \ldots 200$.

După obținerea elementului din matricea $M(i, j)_k$ se trece la pasul 14.

14. Însumează în memoria $M_k$ cu $k = 1, 2, 3, 4$ elementul din matricea $M(i, j)_k$ și adaugă de fiecare dată 1 la indexul memoriei $I(M_k)$, adică $I(M_k) = 1$.

15. Calculează valoarea medie a datelor din memoria $M_k$

16. Calculează eroarea relativă a valorilor medii $\bar{X}(I)_k$ față de $\bar{X}(I)_0$ cu relația :

$$\delta_k = \frac{|\bar{X}(I)_k - \bar{X}(I)_0|}{\bar{X}(I)_0} \cdot 100$$

17. Respinge metoda corespunzătoare memoriei $M_k$ dacă $\delta_k > \delta_0$, în caz contrar se acceptă.

18. Calculează costurile $C_k$ de pregătire, prelevare, preluare și analiză pentru metodele pentru care $\delta_k \leqslant \delta_0$ stabilit (de ex. 5%) în cazul în care există mai multe metode ce satisfac această condiție și alege metoda cu costul minim.

19. Afișază rezultatele finale pentru metoda ce satisface condițiile $\delta_k \leqslant \delta_0$ și $C_k$ minim.

Algoritmul ia sfîrșit.

**Bibliografie**


[1] Văduva, I. *Metode de simulare cu calculatorul*. Ed. tehnică, București, 1977.

[2] Onicescu, O. *Nombres et systèmes aleatoirés*. Ed. de l'Académie de la R.P.R., Bucarest – Eyrolles Paris, 1964.

[3] Săcuiu, I., Zorilescu, D. *Numere aleatoare. Aplicații în economie, industrie și studiul fenomenelor naturale*. Ed. Acad. R.S.R., București, 1978.

[4] Zorilescu, D. *Modele operaționale ale problemelor miniere. Aplicații*. Ed. tehnică, București, 1981.


# Transmiterea orientării cu control în subteran utilizînd două fire lestate pe un puț vertical


Ing. **Al. Biriescu**


1. În articolul [1], problema transmiterii orientării a fost tratată utilizîndu-se unghiuri și distanțe măsurate. Or, este cunoscut faptul că la măsurarea simplă a bazelor $AB$, $PR$ se comit implicit o serie de erori care nu pot fi eliminate dacă nu se iau unele măsuri suplimentare (citirea ruletei sub lupă în punctele $A$, $B$, $P$, $R$; repetarea măsurătorilor la diverse diviziuni ale ruletei; măsurarea diferențelor de nivel între punctele $A-B$, $P-R$; forța de întindere a ruletei constantă — cu ajutorul unui dinanometru; măsurarea temperaturii ruletei — prin intermediul unui termometru de aplicație) care să conducă la o corelare corespunzătoare între acestea. De asemenea, cînd teodolitul nu este centrat perfect pe punctele $A$, $B$, $P$, $R$ devine evident faptul că oricît de bine s-ar măsura unghiurile, în sistem nu este posibilă obținerea de valori reale ale acestora. Aceste două mari categorii de necorelări au condus la valori determinate nereale ale unghiurilor $\eta_{1l}$, $\eta_{2l}$, $\xi_{1sp}$, $\xi_{2sp}$, $\xi_{1sb}$, $\xi_{2sb}$ și respectiv la orientarea bazei în subteran $\theta_{PR}$ cu diferențe însemnate (2—10 minute centesimale) față de orientarea reală.

2. Pentru a elimina în calculul lui $\xi_{1sp}$, $\xi_{2sp}$ în totalitate necorelarea dintre bazele $AB$ și $PR$ s-a recurs la înlocuirea raportului dintre acestea cu coeficienți rezultați din unghiuri măsurate la reperele $a$ și $b$ (ace) fixate pe un „etalon" (grindă cu secțiunea de 6 ×6 cm sau 8 ×8 cm și lungă de 2,5—3,5 m) așezat pe orizontală în fața puțului, paralel cu direcția firelor 1 ; 2 lestate, sau peste puț, perpendicular pe direcția firelor (fig. 1). În figura 1*a* se vede că dimensiunea dintre reperele $a$-$b$ a etalonului poate fi înlocuită cu bazele $AB$, $PR$ și unghiurile măsurate, astfel :

$$dab = \sqrt{Aa^2 + Ab^2 - 2Aa \cdot Ab \cos(\alpha_a - \alpha_b)}$$

și :

$$dab = \sqrt{Ba^2 + Bb^2 - 2Ba \cdot Bb \cos(\beta_b - \beta_a)}$$

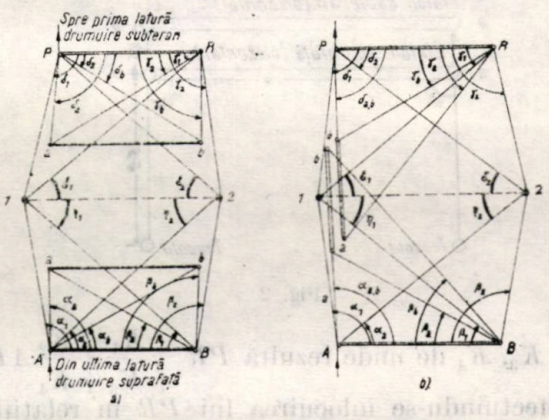



Fig. 1

Dar :

$$\frac{AB}{\sin(\alpha_a + \beta_a)} = \frac{Aa}{\sin \beta_a} = \frac{Ba}{\sin \alpha_a}$$

și :

$$\frac{AB}{\sin(\alpha_b + \beta_b)} = \frac{Bb}{\sin \alpha_b} = \frac{Ab}{\sin \beta_b}$$

În urma înlocuirii distanțelor $Aa$, $Ab$, $Ba$, $Bb$ de sub radicali se obține:

$$dab = AB\sqrt{\frac{\sin^2\beta_a}{\sin^2(\alpha_a+\beta_a)}+\frac{\sin^2\beta_b}{\sin^2(\alpha_b+\beta_b)}-2\frac{\sin\beta_a\sin\beta_b\cos(\alpha_a-\alpha_b)}{\sin(\alpha_a+\beta_a)\sin(\alpha_b+\beta_b)}} = AB\cdot K_1$$

$$dab = AB\sqrt{\frac{\sin^2\alpha_a}{\sin^2(\alpha_a+\beta_a)}+\frac{\sin^2\alpha_b}{\sin^2(\alpha_b+\beta_b)}-2\frac{\sin\alpha_a\sin\alpha_b\cos(\beta_b-\beta_a)}{\sin(\alpha_a+\beta_a)\sin(\alpha_b+\beta_b)}} = AB\cdot K_2$$

Valorile $K_1 \equiv K_2$

În mod similar se obțin relațiile *dab* pentru subteran:

$$dab = PR\sqrt{\frac{\sin^2\gamma_a}{\sin^2(\gamma_a+\delta_a)}+\frac{\sin^2\gamma_b}{\sin^2(\gamma_b+\delta_b)}-2\frac{\sin\gamma_a\sin\gamma_b\cos(\delta_a-\delta_b)}{\sin(\gamma_a+\delta_a)\sin(\gamma_b+\delta_b)}} = PR\cdot K_3$$

$$dab = PR\sqrt{\frac{\sin^2\delta_a}{\sin^2(\gamma_a+\delta_a)}+\frac{\sin^2\delta_b}{\sin^2(\gamma_b+\delta_b)}-2\frac{\sin\delta_a\sin\delta_b\cos(\gamma_b-\gamma_a)}{\sin(\gamma_a+\delta_a)\sin(\gamma_b+\gamma_b)}} = PR\cdot K_4$$

Valorile $K_3 \equiv K_4$

Etalonul *dab* este același, atît la suprafață, cît și în subteran, sau dacă firele 1; 2 sînt lestate pe compartimentele de circulație, se impune confecționarea etalonului din subteran față de cel de la suprafață de așa natură încît $dab_{(sb)} \equiv dab_{(sp)}$ — fapt posibil prin utilizarea unui teodolit cu vize perpendiculare pe etalonul de la suprafață în dreptul celor două repere $a(sp)$, $b(sp)$ și respectiv pe etalonul din subteran (fig. 2), permițînd astfel fixarea pe acesta a reperelor $a(sb)$, $b(sb)$. Avînd asigurată identitatea de mai sus, se obține corelarea bazei $PR$ față de $AB$ prin intermediul constantelor $K_1$,

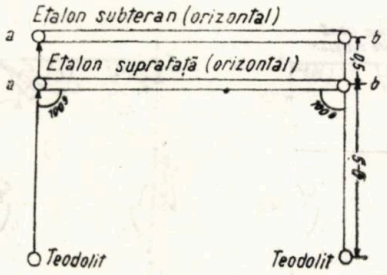



Fig. 2

$K_2$, $K_3$, $K_4$ de unde rezultă $PR = \frac{K_1+K_2}{K_3+K_4}AB$.

Efectuîndu-se înlocuirea lui $PR$ în relațiile care dau unghiurile $\xi_{1sp}$, $\xi_{2sp}$ se obțin relațiile:

$$\sin\xi_{1sp} = \frac{(K_1+K_2)\sin\delta_2\sin(\gamma_2-\gamma_1)\sin(\alpha_2+\beta_2)\sin\eta_1}{(K_3+K_4)\sin\alpha_2\sin(\beta_2-\beta_1)\sin(\gamma_2+\delta_2)}$$

$$\sin\xi_{2sp} = \frac{(K_1+K_2)\sin\gamma_1\sin(\delta_1-\delta_2)\sin(\alpha_1+\beta_1)\sin\eta_2}{(K_3+K_4)\sin\beta_1\sin(\alpha_1-\alpha_2)\sin(\gamma_1+\delta_1)}$$

În figura 1 *b* dimensiunea *dab* se înlocuiește, de asemenea, cu distanțe în care intră bazele $AB$, $PR$ și unghiurile măsurate:

$$dab = Ab - Aa,$$

dar:

$$\frac{AB}{\sin(\alpha_{a,b}+\beta_a)} = \frac{Aa}{\sin\beta_a} = \frac{Ba}{\sin\alpha_{a,b}}$$

și:

$$\frac{AB}{\sin(\alpha_{a,b}+\beta_b)} = \frac{Ab}{\sin\beta_b} = \frac{Bb}{\sin\alpha_{a,b}}$$

În urma înlocuirii distanțelor $Ab$, $Aa$ se obține:

$$dab = AB\left(\frac{\sin\beta_b}{\sin(\alpha_{a,b}+\beta_b)}-\frac{\sin\beta_a}{\sin(\alpha_{a,b}+\beta_a)}\right) = AB\cdot K_{sp}$$

În mod similar se obține:

$$dab = PR\left(\frac{\sin\gamma_a}{\sin(\delta_{a,b}+\gamma_a)}-\frac{\sin\gamma_b}{\sin(\delta_{a,b}+\gamma_b)}\right) = PR\cdot Ksb$$

Etalonul *dab*, îndeplinind condiția de mai sus, se obțin relațiile de calcul ale unghiurilor $\xi_{1sp}$, $\xi_{2sp}$:

$$\sin\xi_{1sp} = \frac{K_{sp}\cdot\sin\delta_2\sin(\gamma_2-\gamma_1)\sin(\alpha_2+\beta_2)\sin\eta_1}{K_{sb}\cdot\sin\alpha_2\sin(\beta_2-\beta_1)\sin(\gamma_2+\delta_2)}$$

$$\sin\xi_{2sp} = \frac{K_{sp}\cdot\sin\gamma_1\sin(\delta_1-\delta_2)\sin(\alpha_1+\beta_1)\sin\eta_2}{K_{sb}\cdot\sin\beta_1\sin(\alpha_1-\alpha_2)\sin(\gamma_1+\delta_1)}$$

*Tabelul 1*

| TRANSMITERI DE ORIENTĂRI EFECTUATE. ORIENTARE FIRE 1;2 | SITUAREA FIRELOR 1;2 ÎN SUBTERAN FAȚĂ DE VERTICALA LOCULUI. | POZIȚIA ETALONULUI FAȚĂ DE FIRELE 1;2 | MODUL DE MATERIALIZARE A PUNCTELOR A, B, P, R. | TEODOLIT (TACHIMETRU) FOLOSIT ȘI MODUL DE CENTRARE PE PUNCTELE A, B, P, R. | RECUNOAȘTEREA POZIȚIEI FIRELOR ÎN SUBTERAN FUNCȚIE DE UNGHIURILE ($\delta_1 sb$, $\delta_2 sb$, $\delta_1 sp$, $\delta_2 sp$) | | | | | | | | | | | | | CORECȚIA TOTALĂ Cm | ORIENTAREA P.R. CORECTATĂ $\Theta_{PR\,cor.} = \Theta_{PR}(\delta sb) + Cm$ | ORIENTAREA MĂSURATĂ $\Theta_{PR}$ măs. | DIFERENȚE 19-20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ($\delta sb$, $\delta sp$) | | | | Corecția | ($\delta sb$) | | | | Corecția | ($\delta sp$) | | | | Corecția | | | | |
| | | | | | a $\frac{X_P(2)-X_P(1)}{Y_P(2)-Y_P(1)}$ | $\Theta_P(1)_P(2)$ | $d_P(1)_P(2)\cos(\Theta_{12}-\Theta_P)$ | | | $\frac{X_P(2)-X_P(1)}{Y_P(2)-Y_P(1)}$ | $\Theta_P(1)_P(2)$ | $d_P(1)_P(2)\cos(\Theta_{12}-\Theta_P)$ | | | $\frac{X_P(2)-X_P(1)}{Y_P(2)-Y_P(1)}$ | $\Theta_P(1)_P(2)$ | $d_P(1)_P(2)\cos(\Theta_{12}-\Theta_P)$ | | | | | |
| | | | | | b | | — " — sin. — " — | $\frac{8b}{PR}\rho$ | | | | — " — sin. — " — | $\frac{12b}{PR}\rho$ | | | | — " — sin. — " — | $\frac{16b}{PR}\rho$ | | | | |
| | | | | | c $\frac{X_R(2)-X_R(1)}{Y_R(2)-Y_R(1)}$ | $\Theta_R(1)_R(2)$ | $d_R(1)_R(2)\cos(\Theta_{12}-\Theta_R)$ | | | $\frac{X_R(2)-X_R(1)}{Y_R(2)-Y_R(1)}$ | $\Theta_R(1)_R(2)$ | $d_R(1)_R(2)\cos(\Theta_{12}-\Theta_R)$ | | | $\frac{X_R(2)-X_R(1)}{Y_R(2)-Y_R(1)}$ | $\Theta_R(1)_R(2)$ | $d_R(1)_R(2)\cos(\Theta_{12}-\Theta_R)$ | | | | | |
| | | | | | d | | — " — sin. — " — | $\frac{8d}{PR}\rho$ | | | | — " — sin. — " — | $\frac{12d}{PR}\rho$ | | | | — " — sin. — " — | $\frac{16d}{PR}\rho$ | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | 10 | 11 | 12 | 13 | | 14 | 15 | 16 | 17 | | 18 | 19 | 20 | 21 |
| NR. 1 PE MODEL SIMULAT $\Theta_{12}$ = 119.50.19 | 1;2 PE VERTICALĂ | PERPENDICULAR UTILIZAT UN SINGUR ETALON | PE SOL | TEODOLIT THEO 010 CENTRAT PE PUNCTE CU FIR CU PLUMB SUSPENDAT DIN VÎRF. ȘURUB. POMPĂ | +1,667/ — 1,078 | 136.54.40 | 1,97448 mm | | | +1,825/— 0,578 | 119.52.63 | 1,914.34 mm | | | + 1,509/— 1,579 | 151.44.29 | 1,974.92 mm | | | 9b + 9d | | | |
| | | | | | | | — 0,52510 mm | — 19,34 | | | | — 0,00070 | ~ 0 | | | | — 1,05037 mm | — 1.58,71 | | — 158,5 | 114.54.40,1 | 114.54.42 | 0,1 |
| | | | | | +1,667/ — 1,077 | 136.51.70 | 1,97418 mm | | | +1,825/— 0,577 | 119.19.46 | 1,914.04 mm | | | + 1,508/— 1,578 | 151.44.38 | 1,91367 mm | | | | | | |
| | | | | | | | — 0,52415 mm | — 19,20 | | | | + 0,00072 | ~ 0 | | | | — 1,04977 mm | — 1.58,61 | | | | | |
| NR. 2 PE PUT EXT ÎNTRE ORIZ. 0 ȘI ORIZ-40 $\Theta_{12}$ = 355.71.40,3 | 1;2 PE VERTICALĂ | PARALEL. UTILIZAT UN SINGUR ETALON | ÎN TAVANELE RAMPELOR | TACHIMETRU THEO 020 CENTRAT SUB PUNCTE CU FIRUL CU PLUMB | +0,521/ — 0,450 | 145.35.33 | 0,67934 mm | | | + 0,439/— 0,518 | 155.24.34 | 0, 67856 mm | | | + 0,603/— 0,382 | 135.94.91 | 0, 67967 mm | | | 9b + 9d | | 340.04.77,5 ADUSĂ DIN PRIMA LATURĂ DE DRUMUIRE CU ORIENTARE DIN TRANSMITERE CLASICĂ | 269,7 |
| | | | | | | | — 0, 11755 mm | 26,41 | | | | — 0,00501 mm | ~ 0 | | | | 0, 21807 mm | 51,67 | | 52,6 | 340.06.81,2 | | |
| | | | | | +0,520/— 0,450 | 145.41.38 | 0,67870 mm | | | + 0,439/— 0,517 | 155.18.27 | 0, 67898 mm | | | + 0,602/— 0,382 | 135.89.97 | 0, 67905 mm | | | | | | |
| | | | | | | | — 0, 11078 mm | 26,23 | | | | — 0,00566 mm | ~ 0 | | | | 0,21730 mm | 51,47 | | | | | |
| NR. 3 PE MODEL SIMULAT $\Theta_{12}$ = 30.72.49 | 1;2 PE VERTICALĂ. 3T | PARALEL. UTILIZAT DOUĂ ETALOANE | PE SOL | TACHIMETRU THEO. 020 CENTRAT PE PUNCTE CU DISPOZITIV OPTIC DE VIERE PUNCT DIN CENTRUL DISPOZITIV CU cca 0,5 mm. | — 1,341/— 2,306 | 233.53.23 | 2,66497 mm | | | — 1,236/— 2,361 | 230.70.26 | 2,66496 mm | | | — 1,446/— 2,253 | 236.32.53 | 2,66676 mm | | | (9b + 9d)·2 + 13 d (17b + 17d)·2 — 7.16,59 | 28.70.85,27 | 28.77.00 | 14,73 |
| | | | | | | | — 0, 11760 mm | — 16,15 | | | | 0,00090 mm | ~ 0 | | | | — 0,23520 mm | — 32,30 | | | | | |
| | | | | | — 1,566/— 2,312 | 237.90.13 | 2, 77471 mm | | | — 1,687/— 2,362 | 239.48.37 | 2, 87516 mm | | | — 1,445/— 2,252 | 236.31.82 | 2,66541 mm | | | | | | |
| | | | | | | | — 0,31411 mm | — 43,14 | | | | — 0,39809 mm | — 54,67 | | | | — 0,23478 mm | — 32,24 | | | | | |
| | 2 DEVIAT DE LA VERTICALĂ CU 2 mm. PE DIRECȚIA ~ $\Theta_{12}$ 3T | | | | — 2,269/— 4,077 | 232.77.40 | 4,60532 mm | | | — 2,137/— 4,080 | 230.77.60 | 4,60578 mm | | | — 2,400/— 3,942 | 234.81.58 | 4,60559 mm | | | (9b + 9d)·2 + 13 d (17b + 17d)·2 — 3.28,56 | 28.70.43,54 | 28.77.00 | 56,5 |
| | | | | | | | — 0,14830 mm | — 20,39 | | | | — 0,00647 mm | ~ 0 | | | | — 0,29636 mm | — 40,90 | | | | | |
| | | | | | — 0,028/ — 2,326 | 288.76.63 | 2,88743 mm | | | + 0,040/— 2,442 | 198.95.73 | 2, 74457 mm | | | — 0,897/— 2,210 | 202.79.24 | 2, 00259 mm | | | | | | |
| | | | | | | | — 1,06789 mm | — 145,96 | | | | — 1,76878 mm | — 1.60,51 | | | | — 0,93996 mm | — 1.29,86 | | | | | |
| NR. 4 PE MODEL SIMULAT $\Theta_{12}$ = 96.21.77,5 | 1 DEVIAT DE LA VERTICALĂ LA VIZELE DIN PUNCTUL A CU cca 1,5 mm. PE DIRECȚIA ~ $\Theta_{12}$ + 30 | PARALEL. UTILIZAT UN SINGUR ETALON | | TACHIMETRU THEO 020 CENTRAT CU DISPOZ. OPTIC DE VIERE PUNCT. STAȚIONATE CU cca. 3 mm. | + 1,092/— 0,398 | 122.67.75 | 1, 04643 mm | | | + 1,044/+ 0,063 | 96.76.30 | 1, 04588 mm | | | + 1,090/— 0,859 | 142.23.54 | 1, 04597 mm | | | (9b + 9d)·2 + 13 d (17b + 17d)·2 — 7.47,5 | 89.25.93 | 89.22.77,5 | 3.15,5 |
| | | | | | | | — 0,46705 mm | — 50,74 | | | | 0,00008 mm | ~ 0 | | | | — 0,92284 mm | — 1.07,56 | | | | | |
| | | | | | + 1,010/— 0,363 | 121.96.53 | 0, 98662 mm | | | + 0,927/+ 0,734 | 90.80.21 | 0, 92734 mm | | | + 1, 099/— 0,858 | | 1,04597 mm | | | | | | |
| | | | | | | | — 0,42242 mm | — 46,49 | | | | 0,07899 mm | + 8,69 | | | | — 0,82248 mm | — 1.07,56 | | | | | |

În proporție însemnată teodolitele și tachimetrele au dispozitivele de centrare optică dereglate (la rotirea lunetei teodolitului punctele staționate $A$, $B$, $P$, $R$ ies în afara centrului cercului mic cu 2—3 mm) sau opacizate, ceea ce conduce la utilizarea acestora prin luarea unor măsuri corespunzătoare, funcție de modul de materializare a punctelor $A$, $B$, $P$, $R$. În cazul cînd materializarea punctelor din sistem nu poate fi executată decît pe sol, atunci se vor folosi exclusiv teodolite sau tachimetre care au dispozitivul de centrare optică corespunzător (punctele staționate să fie văzute cu claritate, iar prin rotirea lunetei acestea vor rămîne în centrul cercului mic de centrare sau cu abatere ce nu va depăși 0,5 mm), iar în caz contrar se va utiliza firul cu plumb, firul respectiv trebuind să fie fixat în vîrful șurubului-pompă, printr-un nod și în nici un caz prin suspendare la baza acestuia. În cazul cînd materializarea punctelor $A$, $B$, $P$, $R$ se poate efectua în tavanul lucrărilor miniere, centrarea teodolitelor sub acestea este asigurată cu ajutorul firului cu plumb. Apreciem folositor a recomanda acest mod de centrare și pentru punctele $A$, $B$ de la suprafață, întrucît se obțin date de corecție a orientării bazei $PR$ mult mai mici (tab. 1).

**3.** Pentru a veni în sprijinul celor care vor utiliza procedeul preconizat, se apreciază

*Anexa 1 a*

3,1 DATE DE TEREN

$\alpha_1 = 101.69.47,75 \pm 5,45$ $\quad \delta_1 = 111.63.97,25 \pm 19,96$

$\alpha_2 = 73.18.96,00 \pm 5,33$ $\quad \delta_2 = 60.69.22,00 \pm 15.08$ $\quad AB = 4,349\ m$

$\beta_1 = 63.15.61,25 \pm 11,37$ $\quad \gamma_1 = 55.45.95,00 \pm 4,71$ $\quad PR = 4,230\ m$

$\beta_2 = 88.76.35,00 \pm 16,19$ $\quad \gamma_2 = 80.35.53,75 \pm 3,47$

$\alpha_{a,b} = 99.29.41,00 \pm 4,38$ $\quad S_{a,b} = 109.14.12,25 \pm 21,15$ $\quad d_{a,b(sp)} - d_{a,b(sb)} = 3,044\ m$

$\beta_a = 57.28.01,25 \pm 14,29$ $\quad \gamma_a = 62.23.12,75 \pm 7,14$

$\beta_b = 70.28.24,25 \pm 15,83$ $\quad \gamma_b = 50.14.82,75 \pm 1,03$

3.2. DETERMINAREA UNGHIURILOR $\eta_1, \eta_2, \xi_{1sb}, \xi_{2sb}$

$$\begin{cases} \eta_1 + \eta_2 = \alpha_2 + \beta_1 = 73.18.96,00 + 63.15.61,25 = 136.34.57,2 \\ tg\dfrac{\eta_1 - \eta_2}{2} = tg\dfrac{136.34.57,2}{2}\, ctg(\varphi + 50) \end{cases}$$

$$\text{unde } tg\varphi = \frac{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)\sin\beta_1 \sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\sin(\beta_2 - \beta_1)\sin\alpha_2 \sin(\alpha_1 + \beta_1)} = \frac{\sin 28.50.51,7 \sin 63.15.61,25 \sin 161.95,31}{\sin 25.60.13,75 \sin 73.18.96,00 \sin 164.85.08,9}; \quad \varphi = 52.69.14,82$$

$$\begin{cases} \eta_1 + \eta_2 = 136.34.57,2 & \eta_1 = 63.25.23,11 \\ \eta_1 - \eta_2 = -9.84.10,98 & \eta_2 = 73.09.34,09 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \xi_{1sb} + \xi_{2sb} = \gamma_1 + \delta_2 = 136.15.17,00 \\ tg\dfrac{\xi_{2sb} - \xi_{1sb}}{2} = tg\dfrac{136.15.17,00}{2}\, ctg(\varphi + 50) \end{cases}$$

$$\text{unde } tg\varphi = \frac{\sin(\gamma_1 + S_1)\sin\delta_2 \sin(\gamma_2 - \gamma_1)}{\sin(\delta_1 - \delta_2)\sin\gamma_1 \sin(\gamma_2 + \delta_2)} = \frac{\sin 167.09.92,2 \sin 80.69.22,00 \sin 24.89.58,75}{\sin 30.94.75,2 \sin 55.45.95,00 \sin 161.04.75,7}; \quad \varphi = 45.77.86,16$$

$$\begin{cases} \xi_{1sb} + \xi_{2sb} = 136.15.17,00 & \xi_{1sb} = 60.40.15,48 \\ \xi_{2sb} - \xi_{1sb} = 15.34.86,3 & \xi_{2sb} = 75.75.01,51 \end{cases}$$

$$K_{sp} = \frac{\sin\beta_b}{\sin(\alpha_{a,b} + \beta_b)} - \frac{\sin\beta_a}{\sin(\alpha_{a,b} + \beta_a)} = \frac{\sin 70.28.24,25}{\sin 169.57.65,2} - \frac{\sin 57.28.01,25}{\sin 156.57.42,2} = 0,6994713$$

$$K_{sb} = \frac{\sin\gamma_a}{\sin(\delta_{a,b} + \gamma_a)} - \frac{\sin\gamma_b}{\sin(\delta_{a,b} + \gamma_b)} = \frac{\sin 62.23.12,75}{\sin 171.37.24,9} - \frac{\sin 50.14.82,75}{\sin 159.28.94,9} = 0,7198001$$

$$\sin\xi_{1sp} = \frac{0,6994713 \sin 80.69.22 \sin 24.89.58,75 \sin 161.95,31 \sin 63.25.23,11}{0,7198001 \sin 73.18.96 \sin 25.60.13,75 \sin 161.04.75,7}; \quad \xi_{1sp} = 60.34.99,97$$

$$\sin\xi_{2sp} = \frac{0,6994713 \sin 55.45.95 \sin 30.94.75,2 \sin 164.85.08,9 \sin 73.09.34,09}{0,7198001 \sin 63.15.61,25 \sin 28.50.51,7 \sin 167.09.92,2}; \quad \xi_{2sp} = 75.65.73,81$$

utilă rezolvarea unei măsurători efectuată pe un model simulat (la suprafaţă), în care punctele $A$, $B$, $P$, $R$ au fost materializate în sol prin cuie folosite în drumuirile din saline. Unghiurile au fost măsurate cu teodolitul Theo-010 centrat pe punctele $A$, $B$, $P$, $R$ cu ajutorul firului cu plumb fixat în vîrful şurubului-pompă printr-un nod al firului. S-au efectuat două reteraţii. Măsurarea bazelor $AB$, $PR$ s-a efectuat cu o ruletă de 50 m. Diferenţa de nivel între punctele $A-B$, $P-R$ nu s-a măsurat, întrucît s-a lucrat pe teren orizontal. „Firele" 1; 2 au fost materializate prin două ace cu gămălie înfipte în sol. Etalonul *dab* a fost o grindă de lemn de brad 6×6 cm, lungă de circa 3,4 m. Reperele $a$, $b$ au fost materializate prin ace înfipte la capetele grinzii. Poziţia etalonului a fost perpendiculară pe direcţia firelor 1; 2. Alinierea $A$-$a$-$b$ s-a făcut cu uşurinţă, vizînd reperul mai îndepărtat şi rotind uşor etalonul pînă la producerea coliniarităţii. Orizontalizarea etalonului s-a efectuat cu o libelă de teodolit casat, redat în anexa 1 ($a$; $b$ şi $c$).

**4.** Din analiza calculelor de la pct. 3 şi a datelor cuprinse în tabelul 1 rezultă că atunci cînd teodolitul (tachimetrul) este centrat corespunzător pe sau sub punctele $A$, $B$, $P$, $R$ se obţin elementele de depistare a poziţiei firelor

*Anexa 1 b*

3.3 ORIENTAREA BAZEI PR.

$$\theta_{12} = 111.50.19,1$$

$$\begin{cases} \theta_{PR}(\hat{E}sb) = \theta_{AB} + \beta_1 - \eta_1 - \hat{E}_{1sb} + \gamma''_1 = 119.59.81 + 63.15.61,15 - 63.25.23,11 - 60.40.15,48 + 55.45.95 = 114.55.98,6 \\ \theta_{PR}(\hat{E}sb) = \theta_{AB} - \alpha_2 + \eta_2 + \hat{E}_{2sb} - \delta_2 = 119.59.81 - 73.18.96 + 73.09.34,09 + 75.75.01,51 - 80.69.22 = 114.55.98,6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \theta_{PR}(\hat{E}sp) = \theta_{12} - \hat{E}_{1sp} + \gamma''_1 = 111.50.19,1 - 60.34.39,97 + 55.45.95 = 114.61.14,1 \\ \theta_{PR}(\hat{E}sp) = \theta_{12} + \hat{E}_{2sp} - \delta_2 = 111.50.19,1 + 75.55.73,81 - 80.69.22 = 114.46.76,9 \end{cases} \Rightarrow \text{media } 114.53.95,5$$

3.4 COORDONATELE FIRELOR 1;2 LESTATE PE PUT SI VERIFICAREA ORIENTĂRII DINTRE FIRE

$$\begin{cases} X_1 = X_A + \frac{AB\sin\beta_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)}\sin(\theta_{AB}-\alpha_1) = 30 + \frac{4,349\sin 63.15.61,25}{\sin 164.85.08,9}\sin(119,59,81 - 101.69.47,75) = 31,926489 \\ Y_1 = Y_A + \frac{AB\sin\beta_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)}\cos(\theta_{AB}-\alpha_1) = 50 + \frac{4,349\sin 63.15.61,25}{\sin 164.85.08,9}\cos(119,59,81 - 101.69.47,75) = 56,668801 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_2 = X_A + \frac{AB\sin\beta_2}{\sin(\alpha_2+\beta_2)}\sin(\theta_{AB}-\alpha_2) = 30 + \frac{4,349\sin 88.76.35,00}{\sin 161.95.31,00}\sin(119.59.81 - 73.18.96,00) = 35,068330 \\ Y_2 = Y_A + \frac{AB\sin\beta_2}{\sin(\alpha_2+\beta_2)}\cos(\theta_{AB}-\alpha_2) = 50 + \frac{4,349\sin 88.76.35,00}{\sin 161.95.31,00}\cos(119.59.81 - 73.18.96,00) = 55,675064 \end{cases}$$

$$tg\theta_{12} = \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} = \frac{35,068330 - 31,926489}{55,675064 - 56,668801}\ ;\ \theta_{12} = 119.50.19\ ;\ d_{12} = 3,2952508\ m$$

$$\theta_{12} = \theta_{AB} + \beta_1 - \eta_1 = \theta_{AB} - \alpha_2 + \eta_2 = 119.50.19,1 \approx 119.50.19$$

3.5 COORDONATELE PUNCTELOR P SI R FUNCTIE DE COORDONATELE FIRELOR 1;2

Corelarea bazei PR faţă de baza AB $\quad PR = \frac{Ksp}{Ksb}AB = \frac{0,6934713}{0,7198001}4,349 = 4,2261742\ m$

$$\begin{cases} X_{P(1)} = X_1 + \frac{PR\sin\gamma''_1}{\sin(\gamma''_1+\delta_1)}\sin\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}+\delta_1\right) = 31,926489 + \frac{4,2261742\sin 55.45.95}{\sin 167.09.92,2}\sin(114.54.97 + 111.63.97,25) = 34,543215 \\ Y_{P(1)} = Y_1 + \frac{PR\sin\gamma''_1}{\sin(\gamma''_1+\delta_1)}\cos\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}+\delta_1\right) = 56,668806 + \frac{4,2261742\sin 55.45.95}{\sin 167.09.92,2}\cos(114.54.97 + 111.63.97,25) = 62,666672 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{P(2)} = X_2 + \frac{PR\sin\gamma''_2}{\sin(\gamma''_2+\delta_2)}\sin\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}+\delta_2\right) = 35,068330 + \frac{4,2261742\sin 80.35.53,75}{\sin 161.04.75,7}\sin(114.54.97 + 80.62.22,00) = 34,544882 \\ Y_{P(2)} = Y_2 + \frac{PR\sin\gamma''_2}{\sin(\gamma''_2+\delta_2)}\cos\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}+\delta_2\right) = 55,675064 + \frac{4,2261742\sin 80.35.53,75}{\sin 161.04.75,7}\cos(114.54.97 + 80.62.22,00) = 62,665594 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{R(1)} = X_1 + \frac{PR\sin\delta_1}{\sin(\gamma''_1+\delta_1)}\sin\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}-\gamma''_1\right) = 31,926489 + \frac{4,2261742\sin 111.63.97,25}{\sin 167.09.92,2}\sin(114.54.97 - 55.45.95,00) = 38,659495 \\ Y_{R(1)} = Y_1 + \frac{PR\sin\delta_1}{\sin(\gamma''_1+\delta_1)}\cos\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}-\gamma''_1\right) = 56,668806 + \frac{4,2261742\sin 111.63.97,25}{\sin 167.09.92,2}\cos(114.54.97 - 55.45.95,00) = 61,709182 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{R(2)} = X_2 + \frac{PR\sin\delta_2}{\sin(\gamma''_2+\delta_2)}\cos\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}-\gamma''_2\right) = 35,068330 + \frac{4,2261742\sin 80.69.22,00}{\sin 161.04.75,7}\sin(114.54.97 - 80.35.53,75) = 38,661162 \\ Y_{R(2)} = Y_2 + \frac{PR\sin\delta_2}{\sin(\gamma''_2+\delta_2)}\cos\left(\frac{\theta_{PR}(\hat{E}sb)+\theta_{PR}(\hat{E}sp)}{2}-\gamma''_2\right) = 55,675064 + \frac{4,2261742\sin 80.69.22,00}{\sin 161.04.75,7}\cos(114.54.97 - 80.35.53,75) = 61,708105 \end{cases}$$

1 ; 2 în subteran şi respectiv corecţiile de orientare ale bazei $PR$, astfel :

● Firele 1 ; 2 pe verticala locului în subteran, în cazul utilizării unui singur etalon (sistemele 1 ; 2) conduc, la obţinerea identităţilor de la pct. 3.6 ; în acest caz orientarea calculată şi corectată este practic identică cu cea măsurată în sistem (col. 21).

● Firele 1 ; 2 pe verticala locului în subteran, dar din cauza dimensionării etalonului din subteran după etalonul de la suprafaţă în mod necorespunzător, contrar indicaţiei din figura 2, — sistem 3.1. — atunci identităţile de mai sus sînt valabile numai cînd elementele de depistare sînt calculate în funcţie de $\xi_{1sp}$, $\xi_{2sp}$ unde intervine etalonul de referinţă de la suprafaţă (col. 16, 17). În plus, se obţine un element nou, funcţie de unghiurile $\xi_{1sb}$, $\xi_{2sb}$ (col. 13). În acest caz corecţia de orientare a bazei $PR$ nu conduce la o identitate cu orientarea măsurată (col. 21). Acest mod de lucru se efectuează numai cînd nu este posibilă lestarea firelor 1 ; 2 în porţiunile de puţ dintre glisierele extreme şi pereţii acestuia. În schimb este posibilă dimensionarea corectă a etalonului din subteran dacă se ţine seama de indicaţia dată în figura 2.

● Unul sau ambele fire lestate deviate de la verticala locului în subteran. În acest caz nu se obţin, în totalitate, identităţile de la

*Anexa 1 c*

3.6 RECUNOASTEREA POZITIILOR FIRELOR IN SUBTERAN SI CORECTIA CE SE ADUCE ORIENTĂRII BAZEI DIN SUBTERAN $\theta PR$

$$tg\,\theta_{P(1)P(2)}(\xi_{sb};\xi_{sp}) = \frac{X_{P(2)} - X_{P(1)}}{Y_{P(2)} - Y_{P(1)}} = \frac{34,544882 - 34,543215}{62,565594 - 62,666672} = \frac{+1,667}{-1,078}$$ ; $\theta_{P(1)P(2)} = 136.54.40$ ; $d_{P(1)P(2)} = 1,9851884\,mm$

$\theta_{12} - \theta_{P(1)P(2)} = 119.50.19 - 136.54.40 = -17.04.20,6$

$d_{P(1)P(2)}$ se proiectează pe directia $\theta_{12}$ si pe perpendiculara la aceasta:

$1,9851884 \cos(-17.04.20,6) = 1,9844816\,mm$

$1,9851884 \sin(-17.04.20,6) = -0,5251026\,mm$

$$tg\,\theta_{R(1)R(2)}(\xi_{sb},\xi_{sb}) = \frac{X_{R(2)} - X_{R(1)}}{Y_{R(2)} - Y_{R(1)}} = \frac{38,661162 - 38,659495}{61,708105 - 61,709182} = \frac{+1,667}{-1,077}$$ ; $\theta_{R(1)R(2)} = 136.51.70,2$ ; $d_{R(1)R(2)} = 1,9846455\,mm$

$\theta_{12} - \theta_{R(1)R(2)} = 119.50.19 - 136.51.70,2 = -17.01.51,24$

$d_{R(1)R(2)}$ se proiectează pe directia $\theta_{12}$ si pe perpendiculara la aceasta:

$1,9846455 \cos(-17.01.51,24) = 1,9841892\,mm$

$1,9846455 \sin(-17.01.51,24) = -0,5241492\,mm$

Cercetările efectuate, pe o serie de sisteme, au arătat că întotdeauna identităţile:

$$d_{P(1)P(2)} \cos(\theta_{12} - \theta_{P(1)P(2)})(\xi_{sb},\xi_{sp}) \equiv d_{R(1)R(2)} \cos(\theta_{12} - \theta_{R(1)R(2)})(\xi_{sb};\xi_{sp})$$

$$d_{P(1)P(2)} \sin(\theta_{12} - \theta_{P(1)P(2)})(\xi_{sb},\xi_{sp}) \equiv d_{R(1)R(2)} \sin(\theta_{12} - \theta_{R(1)R(2)})(\xi_{sb};\xi_{sp})$$

sînt caracteristice numai sistemelor care au firele 1;2 situate pe verticala locului în subteran.

Deasemenea identităţile:

$$d_{P(1)P(2)} \sin(\theta_{12} - \theta_{P(1)P(2)})(\xi_{sb},\xi_{sp}) + d_{R(1)R(2)} \sin(\theta_{12} - \theta_{R(1)R(2)})(\xi_{sb},\xi_{sp}) \equiv$$

$$\equiv d_{P(1)P(2)} \sin(\theta_{12} - \theta_{P(1)P(2)})(\xi_{sp}) \equiv d_{R(1)R(2)} \sin(\theta_{12} - \theta_{R(1)R(2)})(\xi_{sp})\,.$$

$$d_{P(1)P(2)} \cos(\theta_{12} - \theta_{P(1)P(2)})(\xi_{sp}) \equiv d_{R(1)R(2)} \cos(\theta_{12} - \theta_{R(1)R(2)})(\xi_{sp}) \equiv$$

$$\equiv d_{P(1)P(2)} \cos(\theta_{12} - \theta_{P(1)P(2)})(\xi_{sb}) \equiv d_{R(1)R(2)} \cos(\theta_{12} - \theta_{R(1)R(2)})(\xi_{sb})$$

Identitatile se pot vedea în tabelul nr. 1

Fată de cele mai sus enuntate rezultă că sistemul calculat are firele 1;2 situate pe verticala locului în subteran.

Corectia orientării bazei $\theta_{PR}(\xi_{sb})$

$$C\theta_{PR}(\xi_{sb},\xi_{sp}) = \frac{-0,5251026 - 0,5241492}{PR\cos(\theta_{12} - \theta_{PR})}\rho = \frac{-1,0492946}{4,22617\cos(119.50.19 - 114.54.37)}\rho = -1.58,54 \approx C\theta_{PR}(\xi_{sp}) \approx C\theta_{PR}(\xi_{sb})$$

$\theta_{PR\,COR} = \theta_{PR}(\xi_{sb}) - C\theta_{PR}(\xi_{sb},\xi_{sp}) = 114.55.98,6 - 1.58.54 = 114.54.40,1$

Orientarea „introdusă" în subteran prin măsurători este $\theta_{AB} + A\hat{B}R + B\hat{R}P = 119.59.81 + 101.65.38,25 + 93.29.20,75 = 314.54.40$. Prin urmare, orientarea corectată a bazei din subteran este practic aceiaşi cu orientarea măsurată din sistem.

pct. 3.6. În schimb corecțiile ce se aplică bazei *PR* conduc la valori apropiate de cele măsurate (col. 21 sistem 3.2), firul situat pe verticala locului în subteran devenind fir de referință pentru cel deviat de la verticală, în mod similar firului 3 de la procedeul de transmitere a orientării în subteran cu ajutorul a trei fire [2].

Pentru a se evita devierea firelor în subteran de la verticala locului, se recomandă luarea a două măsuri principale de siguranță : mărimea lesturilor pe fire să fie cea indicată în tab. 1 din [1] și acoperirea vaselor în care se scufundă acestea, cu pînlii special construite. În acest mod picăturile de apă ce cad din secțiunea puțului se scurg în afara vaselor, evitîndu-se astfel formarea de unde capabile să scoată din verticala locului fire lestate chiar și cu 100 kg.

## Concluzii

Procedeul permite introducerea de orientări corectate în subteran, practic identice cu cele reale, atunci cînd firele lestate sînt situate pe verticala locului în subteran.

Procedeul permit efectuarea măsurătorilor și în timpul lucrului în mină, cînd firele se lestează în afara compartimentelor de extracție pe puț, caz în care operația se execută de către o singură echipă (3 persoane) cu un singur etalon și în timp scurt (2—3 ore).

Procedeul se poate aplica în toate sectoarele miniere și mai cu seamă în sectorul cărbune, unde metoda de transmitere a orientării pe cale giroscopică se poate aplica numai în minele negrizutoase.

### Bibliografie


[1] Biriescu, Al. *Transmiterea orientării cu control în subteran utilizînd două fire lestate pe un puț vertical.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 7, 1981, p. 340—343.

[2] Biriescu, Al. *Procedeu de transmitere a orientării în subteran pe un puț vertical cu ajutorul a trei fire lestate.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 1, 1980, p. 18—24.


# Stabilitatea obiectivelor amplasate în zona de influență a lucrărilor de exploatare subterană


Ing. **Gh. Rancea**, ing. **Maria Omota**, ing. **Maria Botoroaga**
Institutul de cercetări și proiectări miniere pentru cărbune Petroșani


Valorificarea integrală a resurselor energetice de care dispunem — deziderat major al politicii energetice a partidului și statului nostru — își găsește aplicare în condițiile bazinului carbonifer Valea Jiului prin preocupările colectivelor de specialiști din institute de cercetare specializate, învățămînt superior și producție, pentru introducerea în circuitul economic și exploatare eșalonată a rezervelor de cărbune imobilizate în prezent în pilierii de protecție.

Asimilînd normativele recomandate de CAER, instrucțiunile elaborate de către I.C.P.M.C. Petroșani prevăd criterii pentru aproximarea stabilității construcțiilor și instalațiilor prin expertize tehnice sau prin apreciere.

În funcție de caracteristicile constructive, construcțiile și instalațiile sînt încadrate în cinci clase de stabilitate, deformațiile maxime ale terenului de fundație, care pot fi preluate în condiții normale de funcționare a acestora, fiind redate în tabelul 1.

Expertiza construcțiilor și încadrarea în clasa de stabilitate aferentă se realizează luînd în considerare caracteristicile constructive ale acestora, precum și ale terenului de fundație, prin însumarea punctelor acordate pentru fiecare criteriu de analiză, după cum se poate observa din tabelul 2.

Încadrarea în clase de stabilitate a construcțiilor expertizate se face în funcție de punctajul atribuit, conform datelor din tabelul 3.

Încadrarea în categorii de stabilitate a construcțiilor și instalațiilor prin apreciere se face luînd în considerare modul de comportare a unor obiective cu caracteristici similare solicitate la deformații cauzate de lucrări de exploatare subterană.

*Tabelul 1*

| Clasa de stabilitate | Înclinarea curbei de scufundare, $I_{max}$, mm/m | Deformația orizontală a suprafeței, $\varepsilon_{max}$, mm/m |
|---|---|---|
| I | 2,5 | 1,5 |
| II | 5,0 | 3,0 |
| III | 10,0 | 6,0 |
| IV | 15,0 | 9,0 |
| V | >15,0 | >9,0 |

*Tabelul 2*

**Dimensiunile proiecției orizontale a construcției**

| Lungimea clădirii, m | < 10 | 11—15 | 16—20 | 21—25 | 26—30 | 31—35 | 36—40 | > 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Număr de puncte atribuite | 4 | 7 | 11 | 16 | 22 | 25 | 37 | 42 |

**Forma clădirii**

| Forma clădirii | Număr de puncte atribuite | Forma clădirii | Număr de puncte atribuite |
|---|---|---|---|
| Simplă, compactă | 0 | Simplă, larg desfășurată | 6 |
| Slab fracționată | 3 | | |
| Puternic fracționată, larg desfășurată | 6 | Fracționată, larg desfășurată | 8 |

**Poziția clădirii**

| Poziția clădirii | Numărul punctelor atribuite | Poziția clădirii | Numărul punctelor atribuite |
|---|---|---|---|
| Cu nivele identice, cu subsol fără beci | 0 | Cu nivele diferite și cu demisol | 6 |
| Cu nivele diferite | 3 | Cu nivele diferite, cu demisol și cu portal pentru trecere | 8 |

**Natura terenului de fundație**

| Terenul de fundație | Numărul punctelor atribuite |
|---|---|
| Viscos | 0 |
| Semiviscos | 4 |
| Slab viscos | 12 |

**Construcția clădirii**

| Construcția clădirii | Numărul punctelor atribuite |
|---|---|
| Tare | 0 |
| Semitare | 4 |
| Slabă | 8 |

**Măsuri de protecție preventivă aplicate**

| Măsura aplicată | Numărul punctelor atribuite |
|---|---|
| Ancorare | 0 |
| Protecție incompletă | 4 |
| Fără protecție | 6 |

**Starea tehnică a clădirii**

| Starea tehnică | Numărul punctelor atribuite |
|---|---|
| Bună | 0 |
| Mijlocie | 6 |
| Rea | 12 |

*Tabelul 3*

| Numărul total al punctelor atribuite | ≤12 | 13—20 | 21—27 | 28—36 | >37 |
|---|---|---|---|---|---|
| Categoria de stabilitate | V | IV | III | II | I |

Cu caracter de recomandare, încadrarea în clase de stabilitate a acestora se realizează prin apreciere astfel.

Clasa de stabilitate I ($I_{max}$ = = 2,5 mm/m; $\varepsilon_{max}$=1,5 mm/m): clădiri vechi, conducte magistrale de gaze, rezervoare, construcții industriale cu destinație specială, monumente istorice și de artă.

Clasa de stabilitate II ($I_{max}$ = = 5,0 mm/m; $\varepsilon_{max}$ = 3,0 mm/m):

— pilieri industriali importanți cum ar fi: furnale, cocserii, puțuri de mină, mașini de extracție, construcții industriale monolitice din beton armat, macarale și poduri rulante, biserici cu turle și alte clădiri sociale (spitale, teatre ș.a.), principalele artere de căi ferate și gări cu echipament tehnic complicat, tunele și viaducte, lucrări miniere de deschidere, poduri cu arcade, clădiri de locuit neîntărite cu lungimi mai mici de 20 m.

Clasa de stabilitate III ($I_{max}$ = = 10 mm/m; $\varepsilon_{max}$ = 6,0 mm/m):

— șosele principale, căi ferate, gări mici, poduri, construcții industriale mai puțin sensibile, construcții de cărămidă cu lungimi de 10—20 m, turnuri refrigerente, coșuri de fum ale fabricilor, castele de apă, biserici cu acoperișuri plate, construcții de locuit cu lungimi mai mari de 20 m și cu măsuri de protecție preventivă, construcții pentru epurarea apelor, principale rețele colectoare de canalizare, conducte de gaze, aeroporturi.

Clasa de stabilitate IV ($I_{max}$ = = 15 mm/m; $\varepsilon_{max}$ = 9,0 mm/m):

— stadioane mari, clădiri de locuit cu lungime de pînă la 10 m, clădiri de locuit cu lungime de 10—20 m și măsuri de protecție preventivă aplicate, alți pilieri de mai mică importanță.

Clasa de stabilitate V ($I_{max}$ > > 15 mm/m; $\varepsilon_{max}$ > 9,0 mm/m):

— clădiri de locuit din lemn, alte construcții sau instalații cu importanță economică sau socială redusă.

Desigur că preluarea experienței țărilor cu realizări deosebite în acest domeniu trebuie făcută fără a pierde din vedere specificul construcțiilor și instalațiilor amplasate la suprafața cîmpurilor miniere din țara noastră.

Pe această linie, în cadrul I.C.P.M.C. Petroșani sînt în curs observații și urmăriri topografice cu privire la modul de comportare și gradul de stabilitate al construcțiilor și instalațiilor.

Astfel, din observaţiile efectuate asupra liniilor electrice aeriene de 6 kV, situate în zona de influenţă a stratului 3 din blocurile VI — VIII de la I.M. Vulcan şi blocul IV de la I.M. Lupeni, a rezultat că scoaterea din funcţiune a acestora a avut loc atunci cînd înclinarea fundaţiilor a ajuns la 70 mm/m.

Turnul de răcire a apei de la staţia de compresoare din incinta veche Victoria —Lupeni, avînd baza cu diametrul de 8 m şi înălţimea de la sol de 18 m, a fost scos din funcţiune atunci cînd înclinarea acestuia a avut valoarea de 110 mm/m.

Funicularul de steril al I.M. Paroşeni a preluat, în condiţii bune de funcţionare, înclinări ale curbei de scufundare de 16,0 mm/m produse ca urmare a exploatării stratului 18 ; 18,8 mm/m în perioada exploatării stratului 15 şi 12,5 mm/m în perioada exploatării stratului 13.

Amplasamentul staţiei secundare de aeraj de la gura suitorului din blocul II-B al I.M. Paroşeni a preluat înclinări maxime ale curbei de scufundare de 16,0 mm/m şi deformaţii orizontale de 20,0 mm/m.

Obiectivele prezentate mai sus au fundaţii masive din beton sau beton armat şi suprastructura metalică sau din beton armat.

Din verificările efectuate rezultă că în momentul scoaterii lor din funcţiune, la valorile înclinărilor precizate, condiţia ca centrul de greutate al suprastructurii să cadă în interiorul treimii mijlocii a fundaţiei nu a mai fost respectată.

Dacă notăm :

$$K_{sig} = \frac{I_{max}}{I_{adm}}$$

în care :

$K_{sig}$ este coeficientul de siguranţă ;
$I_{max}$ — înclinarea maximă a curbei de scufundare a suprafeţei ;
$I_{adm}$ — înclinarea admisibilă a construcţiei sau instalaţiei,

rezultă că înclinarea ce poate fi preluată de construcţiile sau instalaţiile afectate de lucrări de exploatare subterană poate fi stabilită cu relaţia :

$$I_{adm} = \frac{330}{K_{sig}} \cdot \frac{B}{H}, \text{ mm/m}$$

unde :

$B$ — lăţimea (diametrul) fundaţiei, m ;
$H$ — înălţimea construcţiei sau instalaţiei, m.

Stabilirea valorii coeficientului de siguranţă $K_{sig}$ este o problemă pretenţioasă şi aceasta trebuie făcută cu mult discernămînt, luîndu-se în considerare şi posibilităţile de protecţie preventivă sau reparaţie (întreţinere) a obiectivului, astfel încît acesta să nu fie scos din funcţiune.

Din experienţa acumulată pînă în prezent, rezultă că în funcţie de obiectivul afectat, fără a se lua măsuri de protecţie preventivă sau a se efectua reparaţii costisitoare, coeficientului de siguranţă $K_{sig}$ îi pot fi atribuite următoarele valori :

— linii electrice aeriene de 6 kV, $K_{sig} = 3{,}0$ ;
— funiculare de steril, inclusiv staţii unghiulare şi de acţionare, $K_{sig} = 4{,}40$ ;
— turnuri de răcire a apei, $K_{sig} = 3{,}60$.

Cu cît obiectivul are o importanţă economică sau socială mai mare, cu atît valoarea coeficientului de siguranţă este mai mare.

Cercetările efectuate în galerii subterane subminate de către lucrări de exploatare pun în evidenţă că raportul dintre scufundarea şi convergenţa verticală a acestora este de 1 : 1,61 ; pierderea totală a stabilităţii lucrării are loc atunci cînd convergenţa verticală depăşeşte 1 500 —1 600 mm.

Observaţiile şi măsurătorile topografice efectuate pînă în prezent asupra construcţiilor încadrate în clasa de stabilitate IV confirmă justeţea limitelor deformaţiilor maxime atribuite clasei.

Astfel, construcţiile de locuit situate în zona de influenţă a stratului 15 din blocul IV — Sud de la I.M. Lupeni (pilier est) au preluat, în condiţii satisfăcătoare, înclinări mai mici de 15 mm/m. La valori mai mari ale înclinărilor, ruperile în fundaţie şi suprastructură au fost de pînă la 6 cm, necesitînd, în ultimă instanţă, evacuarea acestora. Efecte similare au fost observate şi la urmărirea clădirilor de locuit amplasate la suprafaţa blocului IV — I.M. Uricani, în zona de influenţă a stratelor 17 — 18 şi 15, precum şi la suprafaţa blocului XII — I.M. Lonea, în zona de influenţă a stratului 3.

Prezenta lucrare caută să atragă atenţia specialiştilor din industria noastră minieră asupra deformaţiilor maxime ce pot fi preluate de către diversele tipuri de construcţii şi instalaţii amplasate în zonele de influenţă ale lucrărilor de exploatare subterană, facilitînd intrarea în exploatare a unor importante rezerve de cărbune din pilierii de protecţie.

# Din practica întocmirii bilanţurilor electrice la întreprinderile din cadrul Combinatului minier Valea Jiului

Ing. C. Szabo şi ing. Maria Gönczi
Institutul de cercetări şi proiectări miniere pentru cărbune Petroşani

## I. Generalităţi

Gospodărirea raţională a resurselor energetice, eliminarea oricărei forme de risipă, reducerea la minim posibil, din punct de vedere tehnic şi economic, a consumurilor de energie şi combustibili, constituie una din preocupările de bază a întreprinderilor din cadrul Combinatului minier Valea Jiului, în vederea reducerii cheltuielilor materiale de producţie.

Acţiunea de elaborare a bilanţurilor energetice constituie o obligaţie impusă prin lege tuturor unităţilor economice.

Bilanţurile energetice se întocmesc pe bază de măsurători şi calcule analitice, formează punctul de plecare al studiilor şi cercetărilor ce trebuie făcute pentru îmbunătăţirea stării şi exploatării instalaţiilor şi la nevoie a completării şi modernizării acestora, în vederea reducerii pierderilor şi îmbunătăţirii randamentelor.

Bilanţul energetic reprezintă situaţia în care se găseşte la un moment dat o instalaţie şi care oglindeşte nivelul tehnic de exploatare a acesteia la data elaborării bilanţului.

Bilanţul energetic are ca scop determinarea consumului de energie din cuprinsul conturului procesului analizat şi de a evidenţia detaliat aceste consumuri în componente utile şi pierderi.

Conturul unui bilanţ cuprinde limitele faţă de care se consideră intrările şi ieşirile de energie electrică şi care închide în suprafaţa sa obiectul de producţie sau sistemul de producţie la care se referă bilanţul.

Conturul unui bilanţ, pe o anumită perioadă calendaristică, pentru un obiect sau sistem de producţie, cuprinde următoarele elemente :

- energia electrică intrată în contur;
- energia electrică ieşită din contur care, la rîndul ei, cuprinde :

— energia utilă ;
— pierderile de energie electrică.

Componenta utilă într-un bilanţ electric sau energia utilă într-o acţionare electrică reprezintă energia mecanică dezvoltată la finele lanţului cinematic.

Componentele de pierderi evidenţiate în conturul bilanţului sînt următoarele :

- pierderile electromagnetice în cuprul şi fierul motorului ;
- pierderile mecanice în motor şi în mecanismul antrenat ;
- pierderile de energie în cablurile electrice de alimentare.

Algoritmul de calcul pentru stabilirea expresiei matematice a bilanţului, pentru o instalaţie analizată, este cel indicat în normativul PE 902/70 [E(2 + 7) — 70] al Ministerului Energiei Electrice editat în 1974 [2].

Expresia matematică a unui bilanţ întocmit pentru o instalaţie este :

$$W_a = W_u + W_p, \text{ kWh},$$

în care :

$W_a$ este energia intrată (absorbită) în conturul bilanţului ;
$W_u$ — energia utilă din conturul bilanţului ;
$W_p$ — suma pierderilor în cuprinsul conturului bilanţului.

## II. Organizarea activităţii

Întocmirea bilanţurilor energetice pentru întreprinderile Combinatului minier Valea Jiului cade în sarcina Institutului de cercetări şi proiectări miniere pentru cărbune Petroşani. Această activitate a impus înfiinţarea unei grupe de bilanţuri, grupă care are ca sarcină elaborarea bilanţurilor energetice reale şi optime anuale pentru întreprinderile care aparţin de combinat.

La cerere, grupa de bilanţuri elaborează şi bilanţuri de proiect ; tot la cerere poate elabora bilanţuri şi pentru întreprinderi care nu aparţin de combinat.

Pînă în prezent grupa de bilanţuri a întocmit numai bilanţuri electrice reale şi optime, parţiale şi pe întreprindere. Urmează ca în viitorul apropiat să se abordeze şi problema întocmirii bilanţurilor termice.

În cele ce urmează ne vom referi numai la întocmirea bilanţurilor electrice.

Grupa de bilanţuri este condusă de un şef de grupă şi organizată în următoarele echipe (fig. 1) :

— echipa de colectare a datelor ;
— echipa de pregătire a datelor ;
— echipa de interpretare a rezultatelor şi de redactare finală.

Organizarea activităţii grupei este redată în figura 2.

### 1. *Culegerea datelor*

Echipa de colectare a datelor, pentru realizarea sarcinilor ce-i revin, ia legătura cu compartimentul mecano-energetic a întreprinderii beneficiare. Împreună cu conducerea acestui compartiment se stabileşte un program de lucru care cuprinde :

— nominalizarea consumatorilor pentru care se întocmesc bilanţuri şi conturul bilanţurilor ;

— organizarea și programarea în timp a măsurilor.

Acest compartiment furnizează pentru echipa de colectare a datelor schema electrică monofilară de distribuție a energiei electrice cu caracteristicile liniilor electrice (material, secțiune, lungime), datele tehnice privind consumatorii pentru care se întocmesc bilanțuri, bilanțul întocmit pentru anul anterior, registrul cu citirile contoarelor de energie electrică, fișele tehnice ale utilajelor cu evidența orelor de funcționare ale acestora.

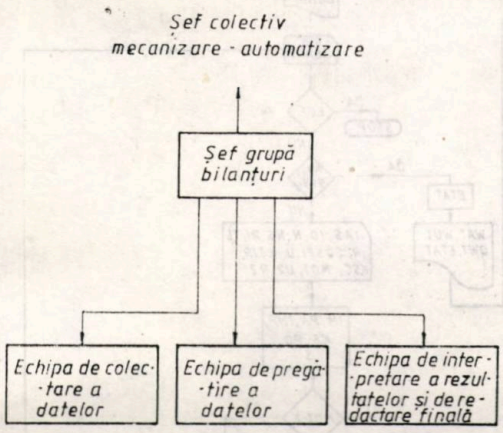



Fig. 1. Schema de organizare ierarhică a grupei de bilanțuri.

De asemenea, compartimentul mecano-energetic al întreprinderii numește o persoană autorizată, care poate să execute manevre în instalațiile electrice și tehnologice și care însoțește, în permanență, echipa de colectare a datelor.

Măsurătorile realizate în instalațiile tehnologice constau, în esență, din măsurători efectuate la motoare și transformatoare electrice în diferite regimuri de funcționare.

Măsurătorile de puteri absorbite și curenți se execută cu clește wattmetric (acesta indicînd prin citire directă puterea absorbită), iar în lipsa acestui aparat se poate folosi un ampermetru clește și un voltmetru.

Măsurarea turației motoarelor se face cu turometru mecanic sau stroboscopic, în cazul în care nu avem acces la arborele motorului. Rezistențele rotorice și statorice se măsoară cu o punte Wheatstone portabilă.

Datele primare, tehnice și statistice, precum și rezultatele măsurătorilor se centralizează într-un caiet ce se predă echipei de pregătire a datelor.

*2. Pregătirea datelor*

Elaborarea bilanțurilor pe baza datelor culese presupune un volum mare de calcule aritmetice. Aceste calcule se repetă pentru fiecare consumator în parte, ținindu seama de tipul motorului de acționare: de curent continuu, sincron, asincron cu inele colectoare, asincron cu colivie. Efectuarea „manuală" a acestor calcule cere un timp îndelungat; nici utilizarea mașinii electronice de calculat de birou nu reduce substanțial acest timp, el fiind condiționat, și în acest caz, de operatorul uman.

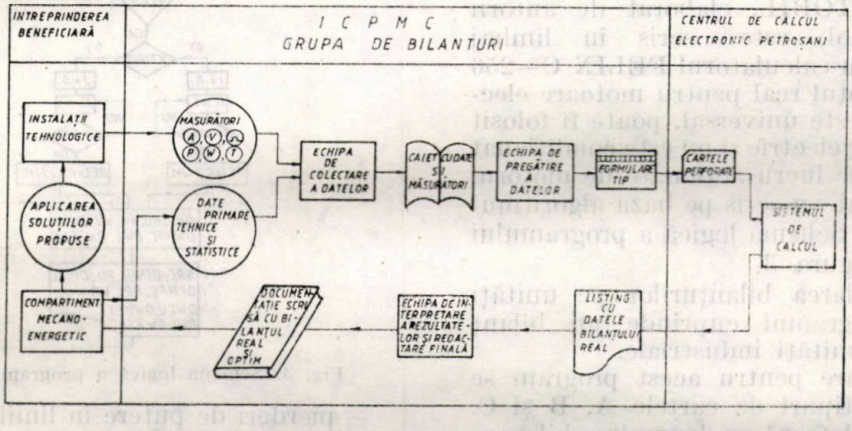



Fig. 2. Schema de organizare a activității grupei de bilanțuri

Această problemă s-a rezolvat făcînd apel la serviciile unui calculator electronic. Pe baza algoritmului stabilit în „Normativul privind metodica de întocmire și analiză a bilanțurilor energetice în întreprinderile industriale și simi-

lare" PE 902/70 s-au întocmit programe cu care, pe baza datelor de intrare, calculatorul electronic efectuează calculele necesare pentru elaborarea bilanțului real.

Rolul echipei de pregătire a datelor este de selectare și ordonare a datelor culese de echipa de colectare a datelor și transcrierea acestora sub forma în care se pot folosi ca date de intrare pentru programele de calcul. Această operație de pregătire a datelor se face pe baza manualelor de utilizare a programelor și constă, în final, în completarea formularului tip cu 80 de coloane, pe baza căruia se perforează cartele. După verificarea cartelelor perforate la Centrul de calcul electronic Petroșani, acestea se predau la sistemul de calcul al centrului, unde se efectuează rularea programelor de calculare a bilanțurilor.

3. *Prelucrarea datelor la calculator*

Biblioteca de programe a C.C.E. Petroșani pentru elaborarea bilanțurilor cuprinde următoarele programe:

— MOTOBIL
— BIVENT
— BIPOMPA
— BICOMP
— BIMASEX

Programul MOTOBIL, elaborat de autorii prezentului articol, este scris în limbaj FORTRAN pentru calculatorul FELIX C—256 și calculează bilanțul real pentru motoare electrice. Programul este universal, poate fi folosit pentru orice motor electric și nu este condiționat de tipul mașinii de lucru acționate de motorul electric. Programul s-a scris pe baza algoritmului indicat în [2]. Schema logică a programului este redată în figura 3.

Pe lîngă calcularea bilanțurilor pe unități de motoare, programul cuprinde un bilanț centralizator pe unități industriale.

Datele de intrare pentru acest program se introduc pe trei tipuri de cartele A, B și C. Cartela A se completează cu denumirea bilanțului DENBI, avînd un format 20 A4. Cartela B se completează cu numărul curent și denumirea utilajului NRC, DENUT cu formatele I3 și 19 A4. Cartela C conține caracteristicile electrice ale utilajului, organizate conform prezentării din tabelul 1.

Rezultatele calculate se extrag la imprimantă după cum urmează:

● pentru fiecare bilanț (orar, anual) se tipărește:
— conținutul cartelei A;
— energia absorbită, kWh;
— energia utilă, kWh;
— pierderi de energie, kWh;
— randamentul instalației, %,
● pentru fiecare utilaj se tipărește:
— conținutul cartelei B;
— puterea utilă, kWh;
— pierderi de putere în cupru, kWh;
— pierderi de putere mecanice și în fier, kW;

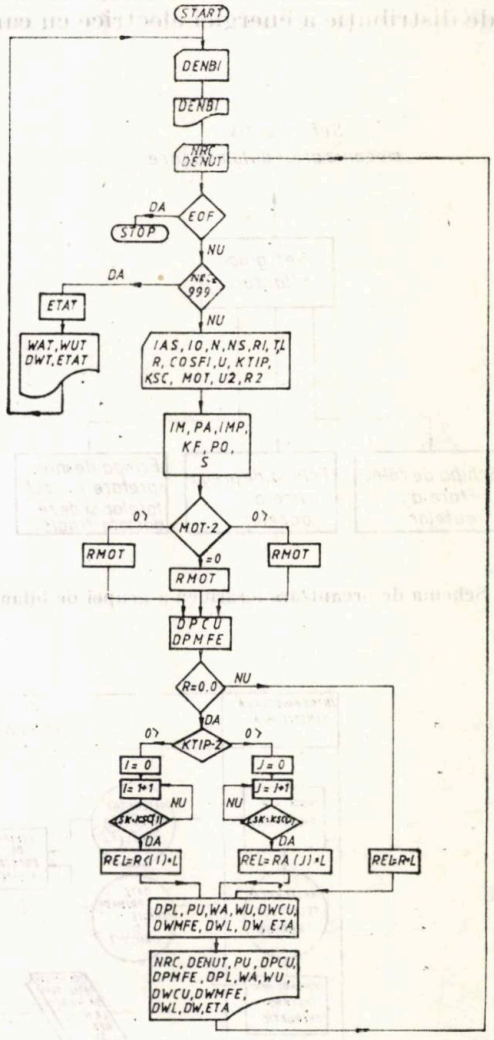



Fig. 3. Schema logică a programului MOTOBIL.

— pierderi de putere în liniile electrice, kW;
— energia absorbită (orar, anual), kWh;
— energia utilă (orar, anual), kWh;
— pierderi de energie în cupru (orar, anual), kWh;
— pierderi mecanice și în fier (orar, anual), kWh;
— pierderi de energie în linii (orar, anual), kWh;
— pierderi totale de energie (orar, anual), kWh;
— randamentul utilajului, %.

Avînd în vedere că în cadrul întreprinderilor miniere ponderea în consumul de energie electrică o dețin ventilatoarele, pompele, compresoarele și mașinile de extracție, pentru calcularea bilanțurilor la acești consumatori s-au întocmit programe speciale: BIVENT care realizează calculul și listarea bilanțului electric pentru ventilatoare de aeraj, BIPOMP pentru

*Tabelul 1*

| Denumirea caracteristicii | Simbolul | Unitatea de măsură | Formatul | Obs. |
|---|---|---|---|---|
| Număr curent | NRC | — | 3x | |
| Curent absorbit 1 | IAS 1 | A | F4.1 | |
| Curent absorbit 2 | IAS 2 | A | F4.1 | |
| Curent absorbit 3 | IAS 3 | A | F4.1 | |
| Curent de mers în gol | IO | A | F4.1 | |
| Turația nominală | N | rot/min. | I4 | |
| Turația de sincronism | NS | rot/min. | I4 | |
| Rezistența echivalentă a motorului | R1 | ohmi | F4.3 | pentru motor de c.c. și sincron, rezistența statorului, iar pentru motor asincron cu inele, rezistența totală |
| Timpul de funcționare anual | T | h | I4 | |
| Lungimea liniei de alimentare | L | km | F4.3 | |
| Rezistența specifică a liniei | R | ohmi/km | F4.2 | $R_1 = 0,0$ se calculează $R_1$ pe baza secțiunii |
| Factorul de putere al motorului | COSFI | — | F4.3 | |
| Tensiunea statorului | U | V | I4 | |
| Materialul cablului | KTIP | — | I1 | =1 pt. Cu<br>=2 pt. Al |
| Secțiunea cablului | LSC | $mm^2$ | I3 | |
| Tipul motorului | MOT | — | I1 | =1 motor c.c.<br>=1 motor sincron<br>=2 motoare asincrone cu inele<br>=3 motoare asincrone cu colivie |
| Tensiunea rotorului | U2 | V | I3 | |
| Rezistența rotorului | R2 | ohmi | F4.3 | |

pompe, BICOMP pentru compresoare de aer, BIMASEX pentru mașini de extracție. Algoritmul acestor programe se bazează, de asemenea, pe cel prezentat în [2].

4. *Interpretarea rezultatelor și redactarea finală*

Bilanțurile calculate la C.C.E. Petroșani, cu rezultatele prezentate pe listinguri, sînt preluate de către echipa de interpretare a rezultatelor și de redactare finală.

Prin analiza bilanțurilor reale se depistează utilajele cu randament energetic scăzut, pierderile ce pot fi reduse sau eliminate în condiții tehnico-economice avantajoase (pierderi mecanice), pierderi datorate abaterilor de la regimul tehnologic optim, pierderi datorate exploatării necorespunzătoare a instalațiilor (energetice sau tehnologice), pierderi prin funcționarea în gol sau prin subîncărcarea utilajelor.

Pe baza analizei se propun măsuri pentru îmbunătățirea randamentului individual la utilaje și a celui global pe întreprindere.

În vederea obținerii eficienței maxime privind posibilitățile de analiză a bilanțurilor reale și de stabilitate a măsurilor de economisire a energiei electrice se întocmesc bilanțuri electrice pe agregate și procese tehnologice individuale, în baza măsurătorilor directe ale elementelor bilanțurilor.

Se consideră că bilanțul optim se obține din bilanțul real prin aplicarea măsurilor de îmbunătățire.

Documentația scrisă care cuprinde bilanțul real și cel optim se redactează de către echipa de interpretare a datelor și este transmisă întreprinderii beneficiare.

Aplicarea măsurilor cuprinse în documentația pentru îmbunătățirea randamentului electric

al întreprinderii intră în sarcina compartimentului mecano-energetic al întreprinderii beneficiare.

## Concluzii

În urma activității de peste un an a grupei de bilanțuri, se pot preciza următoarele:

- forma de organizare corespunde necesităților practice impuse;
- elaborarea bilanțurilor pe calculatorul electronic asigură posibilitatea acoperirii unui volum considerabil de lucru, cu un efectiv minim;
- activitatea grupei, combinată cu acțiuni operative și eficiente din partea unităților beneficiare, poate duce la efecte economice considerabile, contribuind astfel la eforturile generale pentru reducerea consumurilor energetice.

### Bibliografie


[1] Berinde, T. ș.a. *Întocmirea și analiza bilanțurilor energetice în industrie*. Vol. I și II. Ed. tehnică, București, 1976.

[2] * * * *Normativ privind metodica de întocmire și analiză a bilanțurilor energetice în întreprinderile industriale și similare*. Centrul de documentare energetică, București, 1974.

[3] Creţu, G. și Lupșa, C. *Programarea calculatorului FELIX C—256*. Ed. științifică, București, 1973.


# Stabilirea tehnologiei de preparare a minereului parțial oxidat din zăcămîntul Tibles


Ing. M. Popa, ing. S. Picu, ing. I. Moldovan, ing. V. Pap, ing. V. Cușnir
I.C.P.M.N. Baia Mare


## I. Considerații generale

Necesitatea lărgirii bazei de materii prime minerale, care să asigure cererea de metale mereu crescîndă a economiei naționale, impune intensificarea cercetărilor geologice pentru descoperirea de noi zăcăminte metalifere, precum și a cercetărilor de preparare pentru valorificarea superioară a materiilor prime.

În acest context se înscriu și cercetările pentru valorificarea zăcămintelor sărace și a zăcămintelor oxidate sau parțial oxidate, care constituie importante resurse de materii prime, din aceste resurse făcînd parte și zăcămîntul de minereuri neferoase Tibleș.

Dintre mineralizațiile cunoscute în sectorul munților Tibleș, s-a constatat că prezintă interes pentru valorificare filoanele situate pe aliniamentul Tomnatec-Preluci unde, în decursul diferitelor etape de explorare, au fost determinate importante cantități de rezerve de minereu polimetalic cu conținut de Pb, Cu, Zn, S, Ag.

Mineralizațiile din cele două grupuri filoniene au, în general, aceeași compoziție mineralogică privind definirea sortului de minereu, în mod deosebit prezentîndu-se, însă, gradul de alterare al mineralelor metalice, care este foarte accentuat pe filonul Tomnatec și incipient pe grupul Preluci.

Dificultatea problemei valorificării obiectivului este determinată de proporția de participare a rezervelor din filonul Tomnatec în cadrul obiectivului care este de 6 : 1. Mineralizația filonului Tomnatec, deși este caracterizată prin conținuturi ridicate de metale la principalele orizonturi, este greu preparabilă din cauza prezenței mineralelor oxidice, caracteristica principală a minereului fiind dată de larga dezvoltare a zonei de oxidație.

Alterarea mineralelor sulfurice de Pb, Cu, Zn, S din zăcămintele miniere suferă, în decursul timpului, unele transformări determinate de acțiunea oxigenului și a apelor de infiltrație, care duc la apariția fenomenelor de oxidare superficială sau totală a sulfurilor [2].

Sub acțiunea oxigenului, cel mai rapid se oxidează pirita, conform relației:

$$FeS_2 + 7O + H_2O \rightarrow FeSO_4 + H_2SO_4$$

Acidul sulfuric, care se formează în procesul de oxidare a mineralelor, prin intermediul apelor de infiltrație este transportat în masa zăcămîntului, reacționînd activ cu sulfurile după relația:

$$MS + H_2SO_4 \rightarrow H_2S + MSO_4$$

O însemnătate extrem de mare pentru modificarea sulfurilor în cadrul procesului de oxidare o are sulfatul de cupru, care transformă sulfurile în sulfați și care se reduce pînă la covelină:

$$MS + CuSO_4 \rightarrow MSO_4 + CuS$$

Solubilitatea mare a sulfaților, în comparație cu sulfurile, duce la formarea unor soluții ce conțin compușii solubili ai cuprului, zincului, fierului și altor elemente. În timpul circulației acestor soluții, ele întîlnesc nu numai sulfuri,

ci și mineralele rocilor înconjurătoare cu care intră în reacție, din acest punct de vedere avînd o mare însemnătate reacția dintre sulfații metalelor neferoase cu carbonații rocilor înconjurătoare : calcita, dolomitul, sideritul și altele.

La contactul soluțiilor sulfatice cu carbonații, are loc la început neutralizarea soluțiilor sulfatice acide, după care în mediu neutru, calcita, dolomitul, sideritul și celelalte vor fi substituite de carbonații metalelor neferoase grele :

$$MSO_4 + CaCO_3 \rightarrow MCO_3 + CaSO_4$$

În urma fenomenului de oxidare a sulfurilor de metale grele, suprafața acestora devine hidrofilă, fapt ce împiedică flotabilitatea acestora. În acest scop mineralele oxidice se supun în prealabil unui proces de sulfidizare cu agenți sulfurizanți ca : $Na_2S$, NaHS, BaS.

Mecanismul acțiunii agentului sulfurizant asupra mineralului oxidat are loc după următoarea reacție chimică :

$$MCO_3 + Na_2S = MS + Na_2CO_3$$

În acest fel, suprafața mineralului se transformă pe o grosime mai mare sau mai mică în sulfură, fapt care îi redă posibilitatea de a acționa cu colectorii. Schimbul ionic se produce numai la suprafața mineralului, prin formarea unui film ce are o stabilitate destul de redusă, fiind dependent de concentrația agentului sulfurizant ($Na_2S$) în soluție, de durata de condiționare etc.

În procesul de sulfurizare este necesar să se creeze o stare de echilibru conform relației :

$$MCO_3 + S^{--} \rightleftarrows MS + CO_3^{--}$$

în sensul ca în soluție să nu rămînă ioni liberi de $S^{--}$ și $HS^{--}$, deoarece un exces al agentului sulfurizant poate duce la depresarea mineralelor.

## II. Caracterizarea mineralogică a minereului

Dintre mineralizațiile cunoscute în masivul Tibleș, filonul Tomnatec reprezintă principala acumulare de minereu, caracterul în ansamblu fiind polimetalic de tipul Pb—Zn—Cu—S, parțial oxidat, cu amestec de minerale primare și secundare. Mineralele primare sînt reprezentate de pirită, pirotină, marcasită, galenă, blendă și calcopirită, ponderea acestor minerale în structura minereului fiind apreciată la circa 85 % procente de volum pentru compușii de Pb și Zn și la 70—75 % pentru cei de fier.

Mineralele secundare au o pondere relativ importantă în structura minereului, fiindu-le caracteristic gradul avansat de dispersare și o gamă largă de relații spațiale cu mineralele primare, fapt ce se manifestă nefavorabil în procesul de preparare al minereului.

Mineralele secundare de plumb sînt anglezitul ($PbSO_4$), care predomină cantitativ, și ceruzitul ($PbCO_3$), care, în general, se găsesc în asociație cu galena.

Mineralele secundare de zinc sînt reprezentate prin sulfați (goslarit), smithsonit ($ZnCO_3$) și rodocrozitul fero-zincifer, iar mineralele secundare de cupru sînt reprezentate prin calcozină, covelină și subordonat malachit, sulfați de cupru, bornit.

Concrețerile dintre mineralele primare și secundare sînt medii dar cu un grad avansat de dispersie al mineralelor secundare care prezintă și o varietate însemnată de incluziuni în mineralele primare. Se remarcă prezența galenei acoperită cu pelicule de carbonat sau sulfat de plumb, precum și incluziuni foarte fine sau pelicule de sulfuri secundare de cupru în toate mineralele.

Proporția de minerale oxidice este destul de ridicată, în special pentru plumb, care în proporție de 41 % este legat de aceste minerale, iar conținutul de săruri solubile este, de asemenea ridicat, prezența ionilor de Cu, Pb, Fe influențînd negativ selectivitatea procesului de flotație.

Mineralizația filonului Preluci are caracter polimetalic de tipul Pb—Zn—Cu—S cu structură masivă sau mai rar de impregnație.

Compoziția mineralogică este reprezentată prin următoarele minerale : pirită, blendă, galenă, mispichel, calcopirită, marcasită, pirotină dintre mineralele hipogene și limonit, marcasită, anglezit, ceruzit, calcozină, covelină, bornit, schalen blendă, dintre mineralele hipergene.

Minereul are un grad mai redus de alterare și de concreștere între minerale [6].

## III. Elaborarea tehnologiei de preparare

În general, minereurile oxidate și parțial oxidate se prelucrează prin procesul de flotație, cu sulfurarea prealabilă a mineralelor oxidate, flotație urmată uneori de prelucrarea piro sau hidrometalurgică a concentratelor, în cazul în care prin flotație se obțin produse de calitate inferioară, sau prelucrarea hidrometalurgică a minereului, în situația în care prin flotație nu se pot recupera mineralele utile [5].

O problemă deosebită o constituie valorificarea minereurilor mixte care conțin, atît sulfuri, cît și minerale oxidice, datorită diferențelor mari dintre proprietățile flotaționale a acestor minerale, care sînt influențate de conținutul ridicat de săruri solubile de Zn, Cu, Fe (în cazul minereului Tibleș, 8 000 mg/l) dintre care o parte activante pentru sulfuri și de concreșterile intime dintre minerale [4].

Cercetarea în fază laborator a fost efectuată separat pe filonul Tomnatec și pe filonul Preluci.

Ţinînd cont de caracteristicile minereului, cercetările au fost conduse după două tehnologii :

— tehnologia de flotaţie selectivă ;

— tehnologia de flotaţie colectivă.

În cadrul ambelor tehnologii s-a încercat, atît flotaţia împreună a sulfurilor şi a mineralelor oxidice, cît şi flotaţia separată a acestora, în care caz s-au flotat sulfurile, iar după o prealabilă sulfurare s-au flotat mineralele oxidice [1 ; 3], operaţie în care au fost recuperate numai cele de plumb în proporţie de 70 %.

Tehnologia de flotaţie selectivă a fost studiată în două variante urmărindu-se, fie obţinerea unor concentrate individuale de Pb, Zn şi Py, fie obţinerea unui concentrat de Pb—Zn şi unul de Py.

Avînd în vedere flotabilitatea redusă a galenei, datorată acoperirii în unele cazuri cu o peliculă de minerale secundare de plumb, şi activarea blendei în zăcămînt, rezultate bune s-au obţinut numai în varianta tehnologiei selective, cu obţinerea unui concentrat de Pb—Zn şi a unui concentrat de Py.

Particularitatea deosebită a tehnologiei a constat în modul de flotaţie a concentratului de Pb—Zn, funcţie de caracteristicile mineralogice a mineralelor ce se flotează.

Astfel, flotaţia concentratului de Pb—Zn nu s-a putut realiza decît în două faze :

— în prima, la un pH mai redus (pH = 7,5—8), s-a flotat plumbul care, fiind într-o fază incipientă de oxidare, s-a tratat cu un agent sulfurizant şi o parte din blenda activată, utilizînd colectorul D—200 ;

*Tabelul 1*

| Denumirea reactivului | Consum specific, g/t | |
|---|---|---|
| | flotaţie selectivă | flotaţie colectivă |
| Var | 5 000 | — |
| Silicat de sodiu | 1 650 | 1 400 |
| Cianură de sodiu | 100 | 20 |
| Sulfură de sodiu | 3 100 | 2 900 |
| Colector D—200 | 115 | — |
| Xantat etilic | 300 | 115 |
| Xantat izobutilic | 220 | 320 |
| Carbonat de sodiu | 5 000 | 8 000 |
| Sulfat de cupru | 150 | 100 |
| Sulfat de amoniu | 500 | 500 |
| Dowfroth 250 | 55 | 25 |

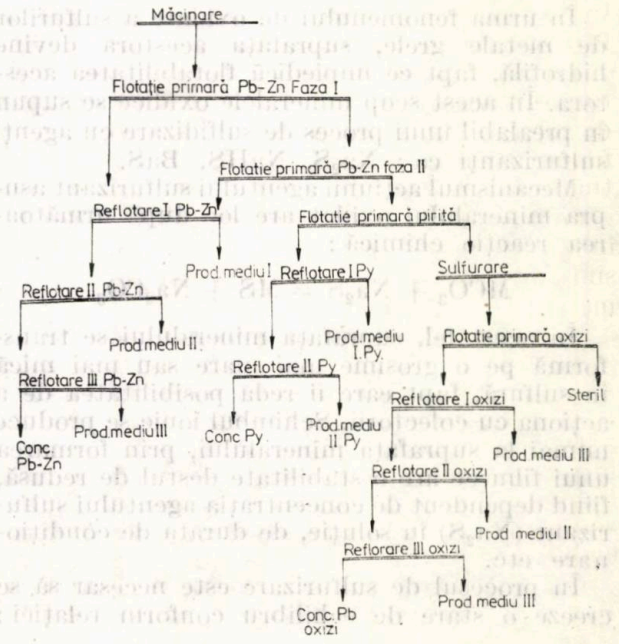



Fig. 1. Schema de lucru la încercările de flotaţie selectivă a minereului Ţibleş.

*Tabelul 2*

| Produsul | Extracţie în greutate | Conţinuturi, % | | | | Extracţii de metal, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pb | Cu | Zn | S | Pb | Cu | Zn | S |
| *Flotaţie selectivă* | | | | | | | | | |
| Minereu original | 100,0 | 2,41 | 0,23 | 1,92 | 13,25 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Concentrat Pb—Zn (sulfuri) | 7,1 | 26,52 | 2,27 | 23,55 | 29,93 | 77,9 | 67,39 | 86,95 | 16,03 |
| Concentrat oxizi | 0,74 | 20,22 | 0,36 | 0,84 | 29,95 | 6,18 | 1,13 | 0,32 | 1,67 |
| Concentrat Pb—Zn cumulat | 7,84 | 25,92 | 2,09 | 21,40 | 29,93 | 84,08 | 68,52 | 87,27 | 17,7 |
| Concentrat Py | 17,57 | 0,36 | 0,07 | 0,20 | 49,7 | 2,61 | 5,39 | 1,25 | 65,47 |
| Steril final | 74,69 | 0,43 | 0,08 | 0,28 | 2,99 | 13,13 | 26,09 | 10,88 | 16,83 |
| *Flotaţie colectivă* | | | | | | | | | |
| Minereu original | 100,0 | 2,66 | 0,32 | 1,90 | 14,03 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Concentrat colectiv-sulfuri | 26,79 | 6,64 | 0,87 | 6,11 | 42,27 | 66,65 | 72,72 | 85,88 | 80,67 |
| Concentrat oxizi | 3,60 | 15,06 | 0,5 | 0,74 | 27,07 | 20,31 | 5,62 | 1,39 | 6,94 |
| Concentrat colectiv cumulat | 30,39 | 7,64 | 0,83 | 5,47 | 40,47 | 86,96 | 78,34 | 87,27 | 87,61 |
| Steril final | 69,61 | 0,5 | 0,10 | 0,35 | 2,50 | 13,04 | 21,66 | 12,73 | 12,39 |

— în a doua fază, la un pH mai ridicat (pH = 10) s-a flotat restul de zinc cu xantaţi, concentratele primare fiind unificate pentru a fi supuse operaţiilor de îmbogăţire, conform schemei din figura 1.

Sterilul rezultat de la flotaţia sulfurilor a fost supus din nou flotaţiei pentru recuperarea mineralelor oxidice în prezenţă de sulfură de sodiu şi xantaţi superiori.

Flotaţia colectivă s-a efectuat cu scopul obţinerii unui concentrat colectiv de sulfuri şi oxizi, care să fie supus tratării hidrometalurgice, în scopul extragerii metalelor utile, cercetare care s-a efectuat în paralel cu cercetarea prin preparare mecanică.

Transpunerea rezultatelor optime de laborator la scară pilot s-a efectuat pe un amestec de minereu în proporţie de 3 : 1, provenit din filonul Tomnatec, respectiv Preluci, experimentîndu-se ambele tehnologii de flotaţie.

Consumurile medii de reactivi, în g/t minereu, în cadrul celor două tehnologii experimentate, sînt prezentate în tabelul 1, iar rezultatele medii obţinute sînt redate în tabelul 2.

## Concluzii

Din rezultatele prezentate se constată că minereul respectiv se poate prepara cu indici buni de calitate şi extracţie, avînd în vedere complexitatea mineralogică şi conţinutul apreciabil de minerale oxidice.

Pentru alegerea soluţiei optime de valorificare în producţie a minereului, a fost efectuată o apreciere economică pentru fiecare variantă în parte, care a constat din determinarea cheltuielilor de obţinere a metalelor lingou, precum şi din determinarea valorii producţiei marfă.

Aprecierile economice au condus la concluzia că varianta mai puţin costisitoare este prepararea minereului prin flotaţie, în vederea obţinerii unor concentrate de Pb—Zn şi de Py.

### Bibliografie


[1] Ray, M. şi Formanek, V. *Factori care influenţează selectivitatea în cazul flotaţiei diferenţiale a minereurilor de Pb şi Zn.* Congresul Internaţional de Preparare, Londra, 1968.

[2] Glembotchi, V. A. *Flotaţia minereurilor oxidate ale metalelor neferoase.* 1966.

[3] Ilie, P. *Scheme şi regimuri de preparare a minereurilor.* 1974.

[4] Abramov, A. A. ş.a. *Tehnologhiceschie osobennosti flotationnogo obogaşcenia ochislennih i smeşanth svintogo-ţincovth rud.* Al XIII-lea Congres Internaţional de Preparare, Varşovia, 1979.

[5] Caproni, C. ş.a. *The processing of oxized lead and zinc ores in the Compo Pisano and San Giovanni plants (Sardinia).* Al XIII-lea Congres Internaţional de Preparare, Varşovia, 1979.

[6] * * * *Studiu mineralogic şi geochimic asupra filonului Tomnatec, Tibleş în scopul stabilirii gradului de oxidare a mineralizaţiei şi a punctelor de recoltare a probelor tehnologice pentru studiile de preparare (oriz. + 970, + 1019, + 1062).* Studiu I.C.P.M.M.N. 1978, Baia Mare.


# Date mineralogice, petrografice şi geochimice asupra tufurilor vulcanice zeolitizate din bazinele Simleu, Oaş şi Izei


Geol. **N. Pop**, geol. **Vera Pop**
I.C.P.M.N. Baia Mare

şi geol. **P. Kovaes**
I.P.E.G. Maramureş


## I. Introducere

Obiectul cercetărilor din acest material l-a constituit un număr de circa 200 probe prelevate din ocurenţele şi deschiderile artificiale din zonele Mirşid, Şimleu, Remeţi, Călineşti, Şugatag şi Bîrsana (fig. 1).

Tufurile vulcanice, deşi întrebuinţate din antichitate ca material de construcţie, sub aspect mineralogic şi petrografic, au rămas, pînă în ultimii circa 20 ani, puţin cunoscute, în special matricea sticloasă din componenţa lor. Saltul calitativ în aparatura de cercetare a permis evidenţierea transformării în masă a materialului sticlos din componenţa tufurilor vulcanice din anumite zone (S.U.A., Japonia, Europa de Est etc.) [6] în minerale zeolitice cu o serie de proprietăţi remarcabile (capacitate de sorbţie, catalitică, de sită cationică). Cantitatea şi puritatea mineralelor zeolitice, asociate volumelor, uneori imense, ale depozitelor, le fac utilizabile în numeroase domenii (industrie, agricultură, combaterea poluării, medicină etc.) [6].

## II. Metodologia de cercetare

Principalele obiective avute în vedere au fost :

- caracterizarea mineralogică şi petrografică a probelor şi încadrarea rocilor în sistematica petrografică ;

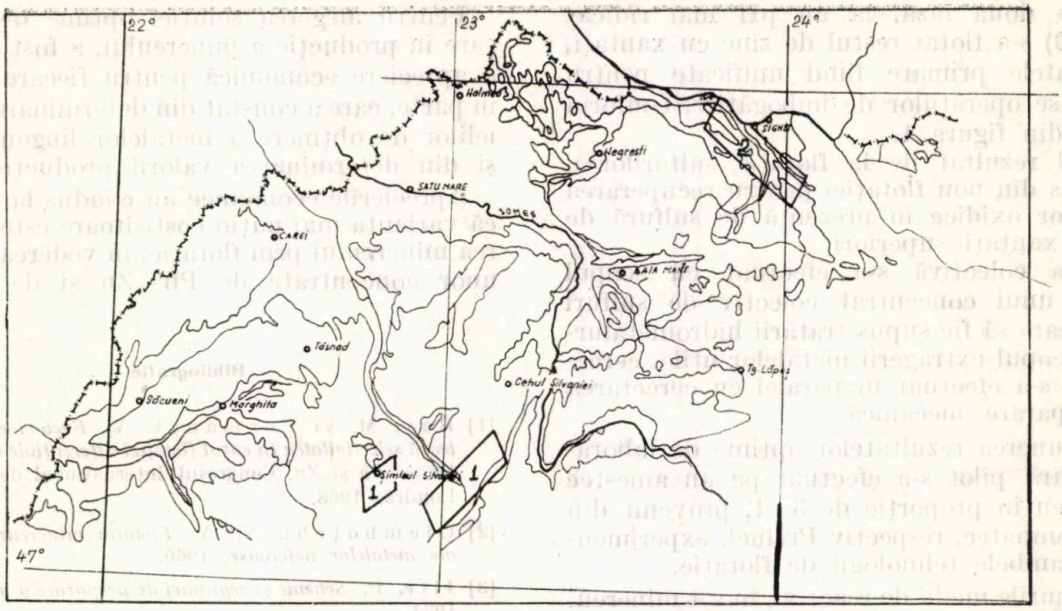



Fig. 1. Localizarea geologico-geofizică a zonelor studiate :
*1* — Mirşid Simleu ; *2* — bazinul Izei.

- studiul chimismului rocilor ;
- caracterizarea geochimică privind componenţii majori ai rocilor şi conţinutul în elemente minore ;
- caracterizarea mineralogică şi chimică a mineralelor zeolitice cu privire specială asupra clinoptilolitului ;
- studiul procesului de clinoptilolitizare, cu evaluarea bilanţului geochimic a transformărilor ;
- clarificarea genezei zeoliţilor din tufurile vulcanice din zonele cercetate.

Probele de roci, sub formă de eşantioane de 0,2—1 kg, au fost prelucrate după o metodologie stabilită în acord cu direcţiile de cercetare urmărite. Schema sintetică de prelucrare şi analiză a probelor este prezentată în figura 2. Au fost executate analize mineralogice complexe (microscopice, electronomicroscopice, prin difracţie în raze X, termice, prin spectroscopie de absorbţie în IR), chimice complete şi parţiale, spectrale informative, de determinare a capacităţii de schimb ionic (fig. 2).

În scopuri diagnostice au fost executate tratamente termice şi chimice urmate de studii prin difracţie de raze X. A fost urmărită distribuţia mineralelor zeolitice în fracţiile granulometrice separate prin dezagregarea mecanică, sitare şi sedimentare.

## III. Rezultatele cercetărilor

1. *Caracterizarea mineralogică şi petrografică a rocilor*

Prin cercetările efectuate s-a stabilit că probele reprezintă, în cea mai mare parte, tufuri vulcanice cu structuri mecanice şi de recristalizare şi texturi variind de la psefitice la aleurito-pelitice. Ponderea cea mai mare revine tufurilor fine ; subordonat sînt prezente tufurile lapilice şi cele psamitice. Componenţii mineralogici şi petrografici sînt reprezentaţi prin vitroclaste, ce predomină net, cristaloclaste şi fragmente litice, prinse într-o matrice sticloasă. Cristaloclastele sînt reprezentate, în principal, prin feldspat de tip oligoclaz şi ortoclaz, cuarţ, biotit, hornblendă, piroxeni. Mineralele femice au participări subordonate. Accesoriile cele mai comune sînt : apatitul, zirconul, rutilul, mineralele opace, orthitul, granaţii.

Produsele de recristalizare ale sticlei au, uneori, participare foarte importantă. Sînt reprezentate, în special, prin minerale zeolitice de tipul clinoptilolitului, cu care apar în parageneză montmorillonit, interstratificaţii randomizate montmorillonit-hidromice sau clorite, cristobalitul.

Un loc aparte revine seladonitului care, prin fineţea şi gradul de dispersie, conferă rocii o coloraţie verde caracteristică. Mineralele de neoformaţie, uneori chiar de aport hidrotermal (zona Remeţi), sînt reprezentate prin minerale argiloase, oxihidroxizi de fier, carbonaţi, cuarţ + cristobalit, zeoliţi (heulandit).

Sub aspect mineralogic şi petrografic, tufurile studiate pot fi raportate tufurilor riodacitice-dacitice, uneori cu tranziţii pînă la tufurile andezitice.

2. *Studiul chimismului*

Pentru caracterizarea chimismului, au fost executate 94 analize chimice complete şi 74 analize spectrale informative.

Datele rezultate din analize au fost prelucrate la calculatorul electronic, în scopul calculării

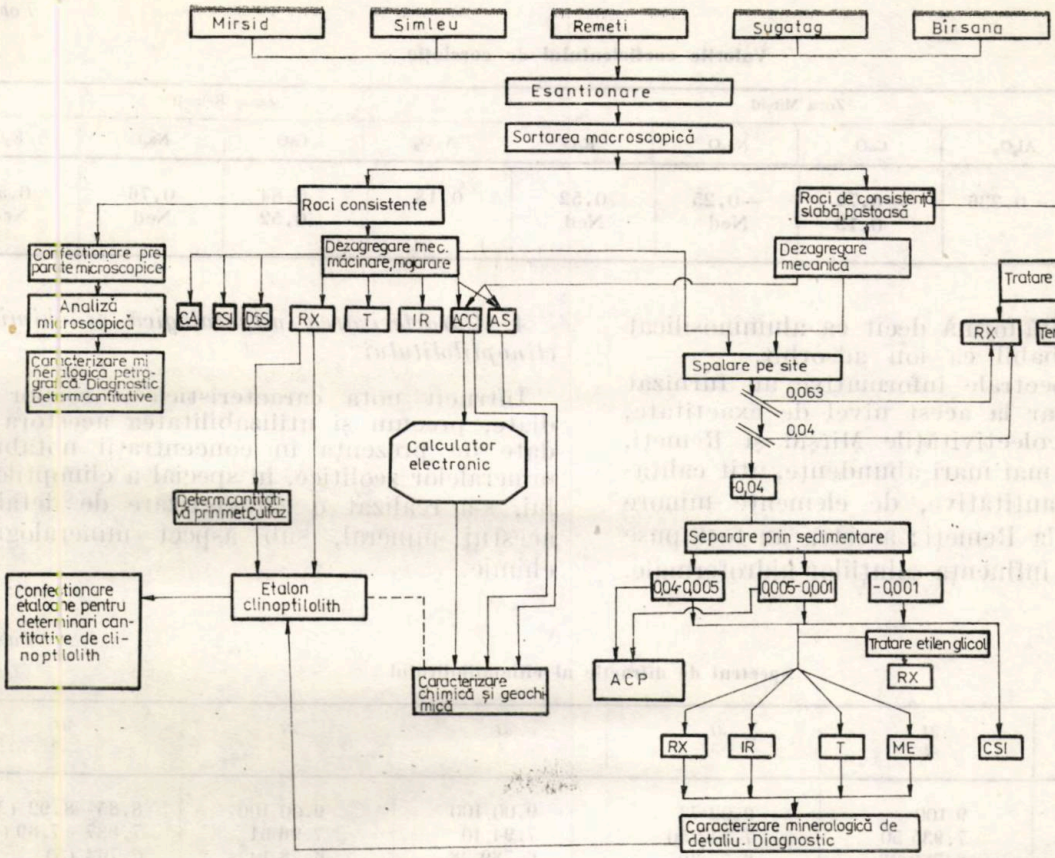



Fig. 2. Schema de prelucrare a probelor de roci studiate.

parametrilor petrochimici și a compoziției mineralogice normative după metoda CIPW.

În baza valorilor calculate, rocile se proiectează, în cea mai mare parte, în domeniul rocilor suprasaturate cu silice aproape de colțul $Q$ al diagramei ternare $QLM$ (fig. 3).

Raportat la chemotipurile magmatice ale lui Niggli, rocile se încadrează la magmele granodioritice-leucogranitice, dar cu unele „dezechilibre" între parametrii Niggli, cauzate de starea de transformare a rocilor.

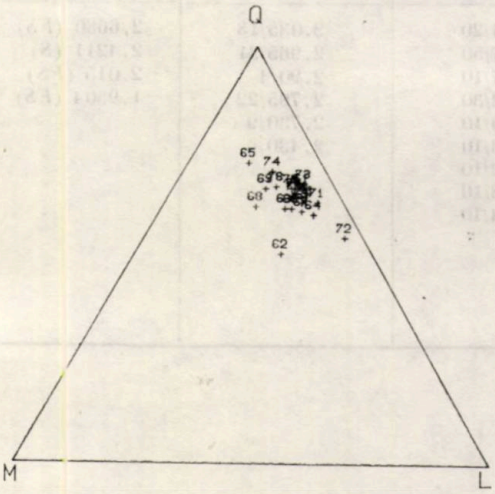



Fig. 3. Diagrama ternară $QLM$ (86).

Din punctul de vedere al chimismului, rocile pot fi raportate la riodacite și dacite.

### 3. *Caracterizarea geochimică*

Aceasta a fost făcută pe baza analizelor chimice. S-a avut în vedere stabilirea naturii distribuției componenților chimici, considerați ca variabile aleatoare, evaluarea parametrilor medii ai acestora, precum și natura și intensitatea legăturilor dintre caracteristici.

Distribuțiile empirice ale variabilelor aleatoare pot fi modelate, atît de legea normală, cît și de cea lognormală, pentru aproape toate caracteristicile. Parametrii medii calculați pentru probele din zonele Mirșid și Remeți scot în evidență unele deosebiri între acestea, în special în ceea ce privește valorile medii ale $SiO_2$ (mai mare pentru zona Remeți) și $Al_2O_3$ (mai mare pentru zona Mirșid).

Analiza legăturilor dintre caracteristici a fost făcută prin metoda corelației liniare simple, prin evaluarea coeficientului de corelație. Valorile acestuia, pentru cîteva cupluri de variabile, sînt prezentate în tabelul 1.

Se remarcă existența unor corelații negative, uneori puternice, între $SiO_2$ și $Al_2O_3$, $SiO_2$—$CaO$, $Al_2O_3$—$CaO$, ceea ce ar indica prezența

*Tabelul 1*

**Valorile coeficientului de corelație**

| | Zona Mirșid | | | | Zona Remeți | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Al_2O_3$ | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $Al_2O_3$ | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ |
| $SiO_2$ | −0,336 | −0,74 | −0,25 | 0,52 | 0,18 | −0,84 | 0,76 | 0,57 |
| $Al_2O_3$ | | 0,13 | Ned | Ned | | 0,52 | Ned | Ned |

calciului sub altă formă decît ca aluminosilicat de calciu, probabil ca ion adsorbit.

Analizele spectrale informative au furnizat date care, chiar la acest nivel de exactitate, departajează colectivitățile Mirșid și Remeți, în sensul unei mai mari abundențe, atît calitative, cît și cantitative, de elemente minore în probele de la Remeți; acestea au fost puse în legătură cu influența soluțiilor hidrotermale.

4. *Caracterizarea mineralogică și chimică a clinoptilolitului*

Întrucît nota caracteristică a rocilor studiate, precum și utilizabilitatea acestora sînt date de prezența în concentrații notabile a mineralelor zeolitice, în special a clinoptilolitului, s-a realizat o caracterizare de detaliu a acestui mineral, sub aspect mineralogic și chimic.

*Tabelul 2*

**Spectrul de difracție al clinoptilolitului**

| *dI* 1 | *dI* 2 | *dI* 3 | *dI* 4 | *dI* 5 | *dI* 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8,92/100 | 9/100 | 9,02/73 | 9,00/100 | 9,00/100 | 8,85–8,92 (*M*) |
| 7,97/3 | 7,935/50 | 7,942/50 | 7,94/40 | 7,96/61 | 7,837–7,89 (*M-S*) |
| 6,78/2 | 6,789/28 | 6,77/30 | 6,789/28 | 6,78/14 | 6,762 (*S*) |
| 5,61/2 | 6,652/7 | 5,89/16 | 6,64/20 | 5,92/14 | 5,85 (*FS*) |
| 5,15/7 | 5,937/10 | 5,243/19 | 5,91/10 | 5,25/12 | 5,576 (*FS*) |
| 4,65/14 | 5,24/13 | 5,129/35 | 5,24/30 | 5,12/32 | 5,092 (*M*) |
| 4,35/2 | 5,126/30 | 4,707/10 | 5,11/10 | 4,65/18 | 4,6187 (*S*) |
| 3,964/55 | 4,656/18 | 4,646/23 | 4,69/20 | 4,49/10 | 4,299 (*FS*) |
| 3,897/57 | 4,347/13 | 4,328/22 | 4,48/20 | 4,35/6 | 3,9516 (*P*) |
| 3,74/7 | 3,965/100 | 3,964/100 | 4,34/20 | 3,96/71 | 3,8969 (*M-P*) |
| 3,55/5 | 3,914/78 | 3,917/66 | 3,96/100 | 3,91/34 | 3,6895 (*FS*) |
| 3,48/3 | 3,787/36 | 3,781/38 | 3,90/80 | 3,83/4 | 3,5364 (*S*) |
| 3,419/16 | 3,708/19 | 3,699/18 | 3,83/10 | 3,70/9 | 3,4086 (*M*) |
| 3,322/4 | 3,553/13 | 3,553/25 | 3,73/10 | 3,55/11 | 3,1617 (*M*) |
| 3,168/14 | 3,456/20 | 3,461/30 | 3,55/20 | 3,50/9 | 3,11 (*M-S*) |
| 3,119/15 | 3,423/39 | 3,424/37 | 3,46/20 | 3,42/25 | 3,0659 (*S*) |
| 3,07/8 | 3,078/26 | 3,121/23 | 3,42/20 | 3,16/21 | 2,9606 (*M-P*) |
| 2,974/80 | 3,042/12 | 3,070/18 | 3,12/30 | 3,12/10 | 2,7059 (*M*) |
| 2,793/15 | 2,978/58 | 3,054/14 | 3,07/20 | 3,07/10 | 2,7232 (*S-M*) |
| 2,728/33 | 2,798/33 | 2,975/48 | 3,04/20 | 3,035/18 | 2,6680 (*FS*) |
| | 2,729/17 | 2,827/11 | 2,97/50 | 2,965/31 | 2,4211 (*S*) |
| | 2,715/15 | 2,797/34 | 2,87/10 | 2,90/4 | 2,015 (*FS*) |
| | 2,681/6 | 2,733/15 | 2,82/30 | 2,795/22 | 1,9504 (*FS*) |
| | 2,454/18 | 2,725/15 | 2,80/10 | 2,730/9 | |
| | 2,426/20 | | 2,73/10 | 2,430/6 | |
| | 2,169/10 | | 2,72/10 | | |
| | 2,121/9 | | 2,68/10 | | |
| | 2,089/6 | | 2,44/10 | | |
| | 2,059/10 | | | | |
| | 2,015/14 | | | | |
| | 1,995/8 | | | | |
| | 1,958/15 | | | | |

1 — clinoptilolit Agoura, Wise et. al (1969)
2 — clinoptilolit serial no. D 100243. Gem Hill, Sheppard et. al. 1965
3 — clinoptilolit serial no. D 100245. Last Change Canyon Sheppard et al. 1965
4 — clinoptilolit Hector Cahforma, Mumpton 1960.
5 — clinoptilolit Mid-Atlantic Ridge. Hathaway and Saches 1965.
6 — clinoptilolit de la Mirșid.
Observații: în paranteză sînt redate intensitățile reflexelor
*P* = puternic *MS* = mediu slab
*MP* = mediu puternic *S* = slab
*M* = mediu *FS* = foarte slab

Proprietățile optice: mineralul se dezvoltă în agregate de cristale sub formă de baghete, cu dimensiuni de la 1 la 40 μm, cu clivaj longitudinal perfect. Au extincție dreaptă, alungirea pozitivă, caracterul optic biax pozitiv cu unghiul 2 V = 25—45°. Este incolor cu culori de birefringență scăzute (ordinul 1, în jur de 0,001). Indicii de refracție scăzuți (cca. 1,48).

Date de difracție raze X: sub aspect structural, clinoptilolitul din rocile studiate este identic clinoptilolitelor prezentate în literatură pentru depozitele în curs de valorificare.

Comportamentul termic este identic cu al clinoptilolitelor de referință [3; 4; 5], caracterizîndu-se prin prezența unui singur dar evident pic endoterm centrat pe valoarea de 170—200°C, căruia i se asociază o pierdere în greutate de 10—11 %. Efectul este cauzat de pierderea apei zeolitice.

Spectrul de absorbție în IR este, de asemenea, identic cu datele prezentate în literatură.

Compozițiile chimice ale unor probe considerate reprezentative, conținuturile celulei elementare și valorile principalilor parametri ce caracterizează chimismul clinoptilolitului sînt prezentate în tabelul 3. Pe baza acestor date au fost realizate diagramele din figurile 4 și 5.

Sub aspect chimic, prezintă unele diferențe față de datele din literatură [3; 4], mai ales în privința raporturilor între cationii bivalenți (Ca + Mg) și cei monovalenți (Na + K), în sensul unei participări notabile a cationilor bivalenți. Principalii parametri ce caracterizează chimismul mineralului sînt: Si/Si + Al + + $Fe^{3+}$, Si + Al (în formulele teoretice = 36), Si + Na + K/Al + $Fe^{3+}$ + Ca + Mg, Na/Na + + K, Ca/Ca + Mg, ale căror valori sînt prezentate în tabelul 3 și în figurile 4 și 5.

*Tabelul 3*

**Chimismul clinoptilolitelor**

| Specificație | Pr. 11/29 (=1) | | Pr. 11/68,5 (=2) | | 72 Remeți (=3) | | 56 Remeți (=4) | | 430(=5) +0,063 | 14/55,5 (=6) +0,063 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | original | recalculat* | original | recalculat** | original | recalculat*** | original | reclaculat**** | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| $SiO_2$ | 65,83 | 65,23 | 64,74 | 64,10 | 68,89 | 68,12 | 66,82 | 66,65 | 68,60 | 70,0 |
| $Al_2O_3$ | 11,76 | 11,73 | 13,16 | 13,68 | 12,05 | 12,10 | 12,88 | 13,02 | 11,17 | 11,05 |
| $Fe_2O_3$ | 1,10 | 1,16 | 0,42 | 0,42 | 0,37 | 0,35 | 0,57 | 0,57 | — | — |
| FeO | 0,29 | 0,32 | 0,42 | — | 0,41 | 0,45 | 0,41 | 0,45 | — | — |
| MgO | 1,30 | 1,40 | 0,80 | 0,90 | 1,40 | 1,52 | 1,60 | 1,74 | 0,85 | 0,24 |
| CaO | 2,94 | 2,52 | 3,78 | 3,74 | 3,36 | 3,46 | 3,22 | 2,84 | 1,85 | 2,0 |
| $TiO_2$ | 0,25 | 0,27 | 0,25 | 0,29 | 0,10 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | — | — |
| MnO | 0,05 | — | 0,05 | — | 0,04 | — | — | — | — | — |
| $P_2O_5$ | 0,03 | — | 0,02 | — | 0,03 | — | 0,03 | — | — | — |
| S | 0,04 | — | 0,37 | — | 0,09 | — | 0,05 | — | — | — |
| $K_2O$ | 3,01 | 3,22 | 2,48 | 2,75 | 1,40 | 1,47 | 1,61 | 1,69 | 3,43 | 4,16 |
| $Na_2O$ | 0,67 | 0,23 | 0,94 | 0,46 | 0,81 | 0,38 | 0,67 | 0,22 | 1,01 | 0,92 |
| $H_2O^+$ | 7,85 | 8,59 | 7,70 | 8,84 | 7,12 | 7,88 | 7,96 | 8,76 | — | — |
| $H_2O^-$ | 4,87 | 5,33 | 4,20 | 4,82 | 3,74 | 4,13 | 3,51 | 3,86 | — | — |
| $CO_2$ | 0,40 | — | 0,28 | — | 0,08 | — | 0,40 | — | — | — |
| Total | 100,38 | 100,10 | 99,61 | 100,00 | — | 99,97 | | 99,96 | — | — |
| *Conținutul celulei elementare* | | | | | | | | | | |
| Si | 29,32 | | 28,70 | | 29,57 | | 29,17 | | 30,23 | 30,44 |
| Al | 6,21 | | 7,22 | | 6,19 | | 6,72 | | 5,80 | 5,66 |
| $Fe^{3+}$ | 0,39 | | 0,14 | | 0,11 | | 0,19 | | — | — |
| $Fe^{2+}$ | 0,12 | | — | | 0,16 | | 0,16 | | — | — |
| Mg | 0,94 | | 0,59 | | 0,98 | | 1,13 | | 0,56 | 0,15 |
| Ca | 1,21 | | 1,79 | | 1,61 | | 1,33 | | 0,87 | 0,93 |
| K | 1,85 | | 1,57 | | 0,81 | | 0,94 | | 1,93 | 2,30 |
| Na | 0,20 | | 0,40 | | 0,32 | | 0,19 | | 0,86 | 0,78 |
| $Si/Al+Fe^{3+}$ | 4,44 | | 3,90 | | 4,69 | | 4,22 | | 5,21 | 5,37 |
| R = Si/Si+Al | 0,82 | | 0,80 | | 0,83 | | 0,81 | | 0,84 | 0,84 |
| Al | 0,82 | | 0,80 | | 0,83 | | 0,81 | | 0,84 | 0,84 |
| $SiO_2/Al_2O_3$ prop. molec. | 9,44 | | 7,95 | | 9,60 | | 8,81 | | 10,42 | 10,75 |
| Na/Na+K | 0,10 | | 0,20 | | 0,13 | | 0,17 | | 0,31 | 0,25 |
| Ca/Ca+Mg | 0,56 | | 0,75 | | 0,62 | | 0,54 | | 0,61 | 0,86 |

* — după eliminarea a 3% cuarț, 5% oligoclaz și a carbonatului corespunzător $CO_2$;
** — după eliminarea a 5% cuarț, 6% oligoclaz și a carbonatu ui corespunzător $CO_2$ și a piritei corespunzătoare S;
*** — după eliminarea a 6% oligoclaz, 4% cuarț și a calcitului corespunzător la $CO_2$;
**** — după eliminarea a 5% oligoclaz, 3% cuarț și a calcitului corespunzător la $CO_2$.

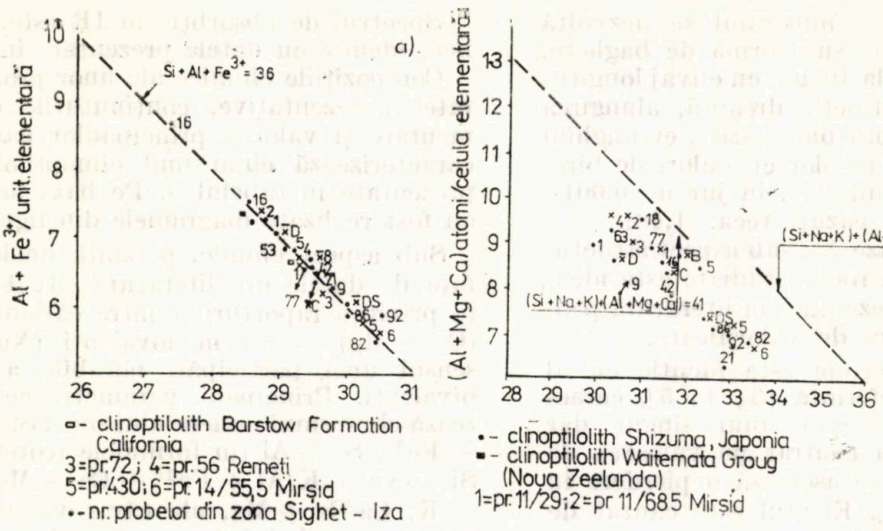



**Fig. 4. Chimismul clinoptilolitului :**
*a* — atomi Si/unitatea elementară a clinoptilolitului ; *b* — seria heulandit clinoptilot.

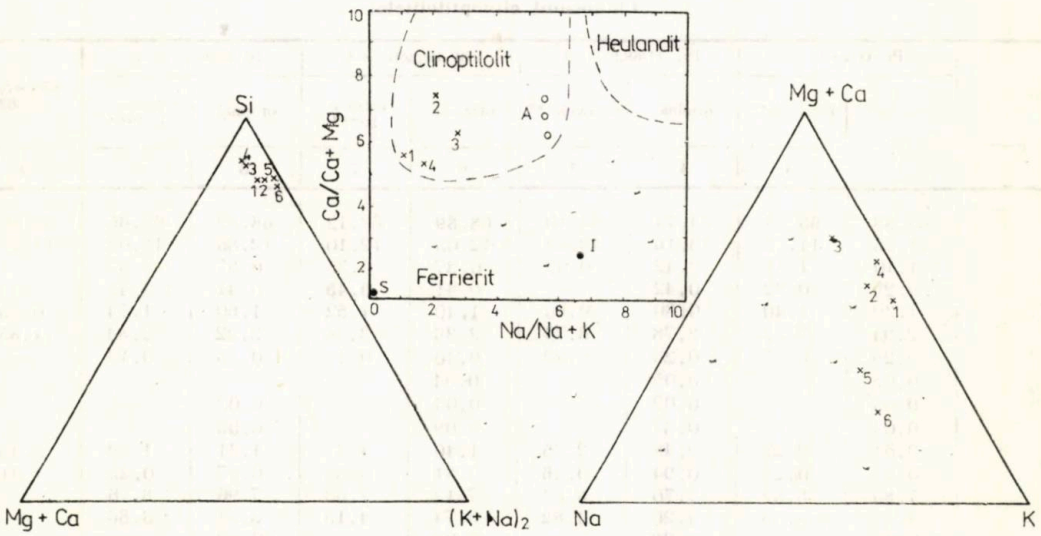



**Fig. 5. Proiecția clinoptilolitului studiat în diagramele: Si—M +Ca—$(Na+K)_2$ ; Mg+Ca—Na—K ; Ca/Ca+Mg — Na/Na+K.**

## 5. *Geochimia procesului de zeolitizare*

Aceasta a fost abordată în sensul evaluării calitative și cantitative a transformărilor care au afectat sedimentul inițial (cenușă vulcanică fină de compoziție riodacitică-dacitică depusă în mediu submarin), în procesul de transformare a acestuia în rocă (tuf vulcanic).

În acest scop s-a adoptat metoda calculării celulei Standard (Barth) pentru roci transformate și pentru roci proaspete de referință și evaluarea bilanțului ionic prin compararea celulelor Standard ale rocilor transformate față de cele proaspete.

Pentru exemplificare sînt date valorile obținute pentru rocile din forajul 11 Mirșid (tab. 4).

Din datele prezentate rezultă că hidratarea este principalul proces geochimic în geneza rocilor clinoptilolitizate.

## 6. *Geneza clinoptilolitului*

Abordarea problemelor privind geneza mineralelor zeolitice din rocile studiate s-a făcut în acord cu ambianța geologică în care s-au format rocile, regimul hidrologic, variația factorilor fizico-chimici. S-a stabilit că rolul esențial în formarea mineralelor zeolitice de tipul clinoptilolitului l-au avut următorii factori :

- compoziția inițială a materialului, reprezentat prin cenușă vulcanică de compoziție riodacitică-dacitică ;
- mediul de depunere al materialului, reprezentat prin bazinele marine adiacente bazinului Transilvaniei, condițiile sedimentării materialului fiind submarine ;
- pH-ul soluțiilor interstițiale din sedimentul supus litificării, în condițiile diagenezei ; inițial acesta a fost ușor acid-neutru și apoi

*Tabelul 4*

**Bilanţurile ionice ale probelor studiate (*RP*—*RZ*)**

| Nr. probei | $Si^{4+}$ | $Al^{3+}$ | $Fe^{3+}$ | $Fe^{2+}$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Mn^{2+}$ | $P^{5+}$ | $Ti^{4+}$ | $Na^{+}$ | $K^{+}$ | $OH^{-}$ | $C^{4+}$ | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11/6,5 | 58,013 | 14,741 | 0,552 | 1,103 | 1,955 | 0,501 | 0,201 | — | 1,755 | 3,710 | 4,312 | 19,605 | — | — |
| 11/13,5 | 6,85 | 3,576 | —0,289 | 1,01 | — 0,334 | —1,461 | 0,201 | —0,047 | 1,614 | 2,776 | 3,144 | —43,133 | — 1,215 | — |
| 11/21,5 | 6,935 | 3,839 | —0,106 | 0,821 | — 0,488 | —1,567 | 0,154 | — | 1,429 | 3,005 | 2,479 | —44,207 | — 0,658 | —0,564 |
| 11/29 | 6,679 | 3,968 | —0,057 | 0,916 | — 0,481 | —0,998 | 0,154 | — | 1,614 | 2,726 | 1,361 | —46,483 | — 0,422 | —0,047 |
| 11/38 | 27,693 | 10,336 | 0,347 | 0,693 | —21,912 | —1,906 | —0,977 | —0,051 | 1,396 | 2,174 | 2,468 | — 9,434 | —23,918 | —0,051 |
| 11/38,5 | 7,25 | 4,364 | 0,178 | 1,056 | — 0,569 | —1,322 | 0,154 | — | 1,662 | 3,056 | 1,367 | —50,696 | — 0,234 | —0,327 |
| 11/41 | 7,014 | 3,037 | —0,106 | 0,915 | — 0,113 | —0,157 | 0,201 | — | 1,614 | 0,937 | 1,445 | —45,59 | — 0,329 | —0,047 |
| 11/47,7 | 7,573 | 3,152 | 0,317 | 0,915 | — 1,098 | —0,625 | 0,201 | —0,047 | 1,614 | 3,006 | 1,544 | —38,712 | — 0,282 | —0,328 |
| 11/49,5 | 12,252 | —0,481 | 0,41 | 0,06 | — 1,317 | —1,491 | 0,106 | — | 1,613 | 2,43 | 2,036 | —51,384 | — 0,616 | —0,569 |
| 11/52,5 | 6,645 | 3,939 | 0,316 | 0,676 | — 1,205 | —0,159 | 0,154 | — | 1,613 | 3,144 | 1,435 | 47,942 | — 0,142 | —0,33 |
| 11/56 | 7,756 | 2,797 | 0,177 | 0,869 | — 1,183 | —0,764 | 0,154 | — | 1,614 | 2,586 | 1,549 | —47,327 | — 0,047 | —0,609 |
| 11/65 | 7,049 | 4,642 | —0,009 | 0,916 | — 1,084 | 0,034 | 0,154 | — | 1,662 | 1,419 | 1,115 | —48,845 | — 0,842 | — |
| 11/68,5 | 6,879 | 2,492 | 0,375 | 0,866 | — 1,226 | —0,401 | 0,154 | — | 1,613 | 2,286 | 1,843 | —43,066 | — 0,285 | —0,522 |
| 11/77 | 6,324 | 3,692 | 0,078 | 0,818 | — 0,985 | —0,402 | 0,154 | —0,047 | 1,613 | 1,481 | 1,894 | —43,892 | — 0,19 | —0,427 |
| 11/83 | 6,364 | 2,782 | 0,123 | 0,912 | — 0,761 | —0,547 | 0,153 | — | 1,612 | 0,851 | 3,776 | —41,669 | — 0,048 | —0,524 |
| 11/88,3 | 4,648 | 4,708 | 0,218 | 0,912 | 1,246 | 0,071 | 0,153 | —0,048 | 1,564 | 0,605 | 1,875 | —36,77 | — 0,908 | —0,669 |
| 11/98,5 | 9,719 | 2,902 | —0,383 | 1,01 | — 0,525 | —2,4 | 0,155 | —0,140 | 1,568 | 2,306 | 2,019 | —28,689 | — 5,756 | —0,468 |
| 11/95 | 4,97 | 7,279 | —0,018 | 0,771 | — 2,56 | —0,069 | 0,154 | — | 1,613 | 0,003 | 2,364 | —43,705 | — 0,808 | —0,047 |

*RP* = rocă proaspătă
*RZ* = rocă zeolitizată

cu îngroparea sedimentelor, devine din ce în ce mai alcalin;

- activitatea chimică a cenușii vulcanice și a soluțiilor cu care aceasta vine în contact, controlată în bună măsură de apropierea centrilor de erupție și de natura erupției (subaeriană și submarină);
- factorii presiune și temperatură nu au avut un rol decisiv în formarea mineralelor zeolitice; temperatura a atins valori în domeniul sub 100°C;
- factorul timp a avut influență în măsura în care a durat procesul de diageneză și transformare a cenușii în rocă. Diageneza a avut loc în tortonian. În sectorul Remeți sînt înregistrate fenomene post-diagenetice (epigenetice) de natură hidrotermală, care afectează o rocă deja consolidată.

Geneza clinoptilolitului este considerată diagenetică (sin și anadiageneză), modelul genetic fiind de tipul „open system deposits" cu trecere spre tipul „burial metamorfism", fără a atinge limita diageneză-metamorfism.

### Concluzii

Cercetările întreprinse asupra tufurilor vulcanice din zonele menționate arată că acestea au compoziția corespunzătoare riodacitelor și dacitelor și că au fost afectate masiv de procesul de zeolitizare (clinoptilolitizare) în etapa diagenetică a formării lor. Cantitățile și gradul de puritate, sub aspectul conținuturilor în zeoliți, fac din aceste depozite, zăcăminte de roci zeolitifere valorificabile în diferite sectoare ale economiei naționale (industrie, agricultură, combaterea poluării etc.).

Aceste depozite sînt comparabile cu depozitele similare de tufuri vulcanice (ca facies și vîrstă) din S.U.A., Japonia, Ungaria, U.R.S.S., aflate în curs de valorificare.

### Bibliografie


[1] Culfaz, A. et. al. *A field test for molecular siene zeolites.* The An. Min., vol. 58, 1973.

[2] Hay, R. L. *Geologie Occurrence of zeolites.* Natural zeolites, Occ. prop. Use, Pergamon Press, 1978.

[3] Mason, B. and Sand, L. B. *Clinoptilolite from Patagonia. The relathionship between clinoptilolite and heulandite.* Am. Min., vol. 45 p. 341, 1960.

[4] Mumpton, F. *Clinoptilolite redefined.* Am. Min., vol. 45, p. 351, 1960.

[5] Kostov, I. *Mineraloghia.* Izd. Mir, 1971.

[6] Vaughan, D. E. W. *Properties of Natural zeolites* Natural zeolites, Occ. Prop. Use, Pergamon Press, 1978


# Asupra interacțiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu mediul solid al colectoarelor de hidrocarburi fluide


Prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**
Institutul de petrol și gaze Ploiești


Utilizarea bioxidului de carbon ca agent de dislocuire a țițeiului din zăcămînt este în atenția atît a cercetării [2; 9 ș.a] cît și a practicii productive [1 ș.a.]. În lucrarea [9] am prezentat considerațiile teoretice și instalația de laborator prin care s-a modelat interacțiunea bioxidului de carbon în fază gazoasă cu apele și rocile colectoare de țiței în condiții de zăcămînt.

Pentru lărgirea cunoașterii teoretice a acțiunii bioxidului de carbon ca agent de dislocuire, în prezenta lucrare vom modela, în condiții de laborator, interacțiunea bioxidului de carbon în fază lichidă cu mediul solid al colectoarelor de hidrocarburi fluide.

În lucrarea [9] s-a arătat că pentru modelarea acestui proces fizico-chimic deosebit de complex este necesară cunoașterea alcătuirii structurale, atît a mediului fluid, cît și a mediului solid, implicate în acest proces de filtrație.

În prima parte a lucrării vom prezenta alcătuirea structurală a mediului solid utilizat în această modelare fizico-chimică a procesului de filtrație.

Mediul solid poros-permeabil a fost alcătuit din:

proba A: nisip cuarțos de Văleni în proporție de 45%;
argilă roșie de Breaza în proporție de 45%;
carbonat de calciu p.a. în proporție de 10%;

proba B: nisip cuarțos de Văleni în proporție de 45%;
argilă roșie de Breaza în proporție de 25%;
carbonat de calciu p.a. în proporție de 30%;

proba C: nisip cuarțos de Văleni în proporție de 55%;
argilă roșie de Breaza în proporție de 45%.

Cuarțul, material inert în prezenta cercetare, s-a introdus pentru a forma în mediul poros-per-

meabil al experimentului componenta stabilă, care să nu permită o blocare prematură a probelor. La gradul de participare a cuarțului, indicat de probe, se modelează situații de colectoare poros-permeabile bune.

Asupra cuarțului, din punctul de vedere al alcătuirii structurale, nu vom insista, difractogramele de raze $X$ ($A$, $B$, $C$) din figura 1 îl pun cert și expresiv în evidență (parametrii $d/n$ de la 4,24 Å și 3,34 Å), iar analizele chimico-spectrale de emisie, metoda semicantitativă (fig. 3) reliefează prezența siliciului în gama ce depășește [10] substanțial 30 %.

Nici asupra carbonatului de calciu nu insistăm, analizele chimico-spectrale (tab. 1) redau participarea calciului în gama 1—30 %, funcție de tipul de probă, iar difractogramele de raze $X$ din figura 1 ($A$, $B$) scot expresiv în evidență parametrul de la 3,02 Å, specific calcitului.

Se va insista asupra argilei de Breaza, structură chimico-mineralogică complexă, argilele avînd mari influențe în problemele fizico-chimiei zăcămintelor de hidrocarburi fluide. Difractogramele din figura 2 pun în evidență [8; 12] prezența următoarelor structuri cristaline:

- montmorillonite, cu diferite grade de saturare în apă și ioni schimbabili (20,4 Å, 12,4 Å), care tratate cu etilenglicol își modifică parametrul $d/n$ al primului plan bazal cu 4—12 Å (fig. 8), deoarece 4,25 Å este diametrul critic al moleculei de etilenglicol, structurile montmorillonitice fiind capabile [6; 7; 12] să adiționeze 1—3 plane de etilenglicol (27,6 Å, 15,4 Å);
- clorite, puse în evidență de parametrii $d/n$ de la 7 Å și 14 Å, invariabili prin tratare cu etilenglicol;
- illit, parametrul $d/n$ = 10 Å, neinfluențat de etilenglicol;
- zeoliți, parametrii spectrali de la 7 Å, 4,09 Å și 3,16 Å neinfluențați de etilenglicol;
- structuri de interstratificare mixtă ordonată ale tipurilor: clorit-montmorillonit, clorit-clorit ce umflă, mineral cunoscut sub denumirea de corrensit, care tratate cu etilenglicol se umflă la 32—33 Å;

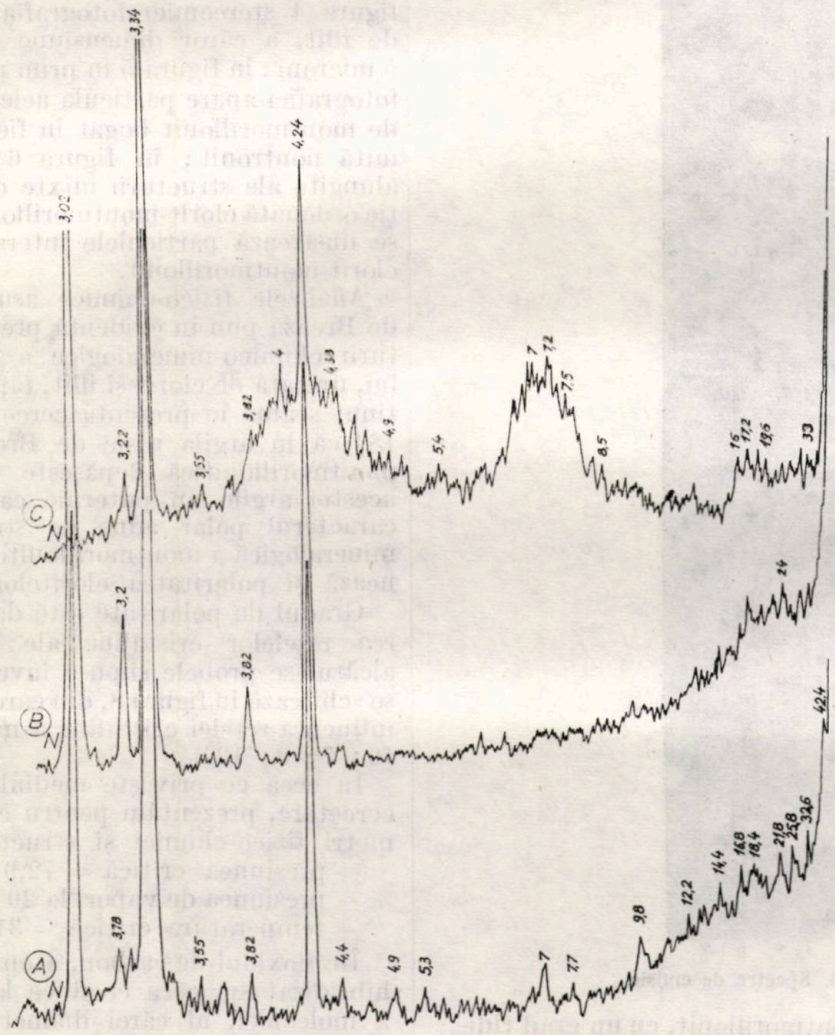



Fig. 1. Difractograme de raze $X$ pentru probele $A_N$, $B_N$, $C_N$.

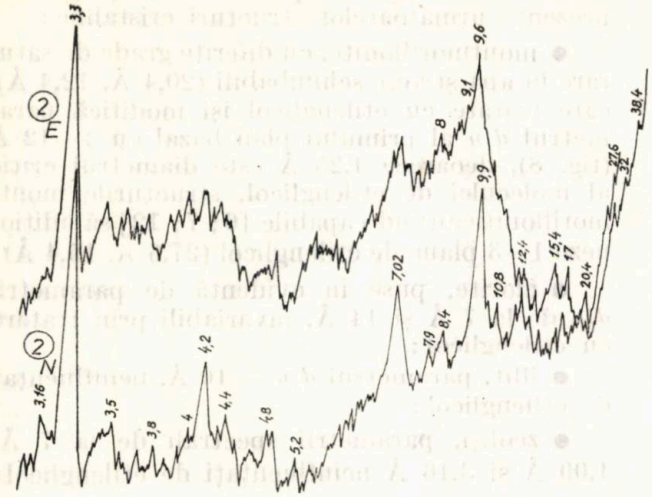



Fig. 2. Difractograme de raze $X$ pentru argila roșie de Breaza $2_N$ și tratată cu etilenglicol $2_E$.

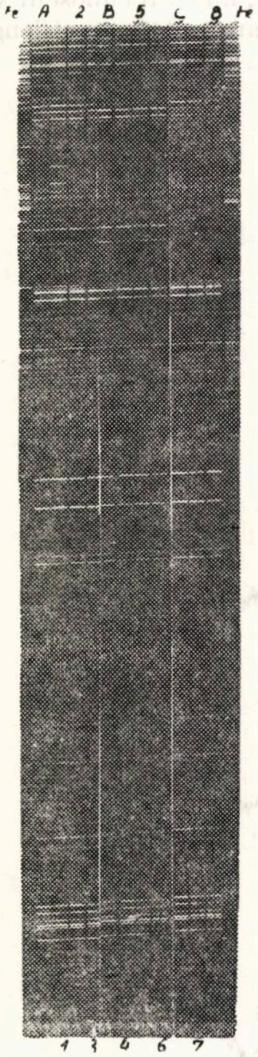


Fig. 3. Spectre de emisie.

• illit-clorit-montmorillonit, cu un grad ridicat de participare, avînd în vedere amplitudinea intensității parametrilor spectrali caracteristici ai seriei ordonate de difracție [8; 12] cu prim plan bazal la 38,4 Å, la proba tratată cu etilenglicol.

Analizele chimico-spectrale (tab. 1, fig. 3) resubliniază compoziția mineralogică a probelor luate în cercetare. Predominarea aluminosilicaților aduce participarea elementelor chimice în limitele indicate de datele tabelului 1. Zeoliții calco-sodici și montmorillonitele determină o participare însemnată a Ca și Na, primul ajungînd pentru proba $B$, care conține și calcit în proporție de 30 %, în domeniul $a > 30$ %. Prezența cloritelor determină o participare însemnată a magneziului. Cloritele și montmorillonitele determină și participarea ridicată a Fe și Mn. Structurile montmorillonitice oferă [6; 7; 8; 12] în interplanele lor spațiu și pentru Ni, V, ș.a. (fig. 8). Participarea însemnată a Al aduce și prezența Li și Ga cu care are relații de substituție [11], iar illitul aduce participarea K.

Pentru că particulele care alcătuiesc argila roșie de Breaza sînt micronice și vor influența foarte mult fenomenul cercetat, se prezintă în figura 4 stereomicrofotografia [8] particulelor de illit, a căror dimensiune medie ajunge la 5 microni; în figura 5 în prim plan pe diagonala fotografiei apare particula aciculară a varietății de montmorillonit bogat în fier (tab. 1), denumită nontronit; în figura 6 apar particulele alungite ale structurii mixte de interstratificație ordonată clorit-montmorillonit, iar în figura 7 se ilustrează particulele interstratificației illit-clorit-montmorillonit.

Analizele fizico-chimice asupra argilei roșii de Breaza pun în evidență predominarea structurii chimico-mineralogice a montmorillonitului, urmată de clorit și illit, fapt de care trebuie ținut seama în prezenta cercetare. S-a estimat [8] că în argila roșie de Breaza componenta montmorillonitică depășește 60 %, imprimînd acestei argile un puternic caracter polar. La caracterul polar adus de structura chimico-mineralogică a montmorillonitelor se mai adiționează și polaritatea cloritelor care umflă.

Gradul de polaritate este dat de neechilibrarea rețelelor cristaline ale mineralelor care alcătuiesc probele supuse investigării, așa cum se schițează în figura 8, din care se poate observa influența rețelei cristaline a montmorillonitului [6; 7; 9; 12].

În ceea ce privește mediul fluid utilizat în cercetare, prezentăm pentru el următorii parametri fizico-chimici și structurali:

— presiunea critică = 72,9 at;
— presiunea de vapori la 20°C este de 56,6 at;
— temperatura critică = 31,3°C.

În bioxidul de carbon, atomul de carbon este hibridizat sp, ceea ce duce la o formă liniară a moleculei, al cărei diametru critic este de 2,8 Å (fig. 9). La carbon mai rămîn doi orbitali $p(p_y$ și $p_z)$ perpendiculari unul pe altul. Aceștia

**Analiza chimico-spectrală** *Tabelul 1*

| Proba | | Elemente chimice | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca | | | Na | Fe | | Mn | Mg | Ni | | V | | Li | Ga | K |
| | | $\lambda = 3181{,}27$ Å | $\lambda = 2721{,}6$ Å | $\lambda = 3269{,}1$ Å | $\lambda = 3302{,}9$ Å | $\lambda = 2990{,}4$ | $\lambda = 2696{,}5$ | $\lambda = 2933{,}1$ Å | $\lambda = 2782{,}9$ Å | $\lambda = 3050{,}8$ Å | $\lambda = 3414{,}8$ Å | $\lambda = 3118{,}4$ Å | $\lambda = 3185{,}4$ Å | $\lambda = 3232{,}6$ Å | $\lambda = 2943{,}6$ Å | $\lambda = 3446{,}7$ Å |
| | | Parametrul spectral $I_t - I_f$ | | | | | | | | | | | | | | |
| A | N | 570 | 12 | — | 75 | 19 | 3 | 44 | 407 | 6 | 21 | 4 | 40 | 14 | 6 | 14 |
| | 1 | 560 | 11 | — | 90 | 30 | 10 | 53 | 307 | 23 | 48 | 9 | 47 | 12 | 4 | 12 |
| | 2 | 560 | 11 | — | 90 | 26 | 8 | 48 | 257 | 12 | 29 | 8 | 46 | 13 | 4 | 12 |
| | 3 | 540 | 10 | — | 90 | 18 | 2 | 49 | 307 | 8 | 18 | 4 | 36 | 13 | 4 | 12 |
| B | N | ∞ | 31 | 6 | 53 | 5 | — | 34 | 157 | — | 6 | 4 | 36 | 4 | — | — |
| | 4 | ∞ | 22 | 3 | 38 | 5 | — | 24 | 107 | — | 6 | — | 27 | — | — | — |
| | 5 | ∞ | 22 | 3 | 43 | 4 | — | 30 | 102 | — | 4 | — | 28 | 4 | — | — |
| | 6 | ∞ | 20 | — | 49 | — | — | 28 | 107 | — | 3 | — | 26 | 2 | — | — |
| C | N | 54 | — | — | 100 | 19 | 4 | 69 | 557 | 7 | 23 | 7 | 39 | 17 | 7 | 13 |
| | 7 | 48 | — | — | 95 | 13 | 3 | 64 | 500 | 6 | 20 | 5 | 32 | 13 | 6 | 12 |
| | 8 | 43 | — | — | 90 | 12 | 2 | 60 | 407 | 5 | 18 | 3 | 24 | 105 | 3 | 11 |
| Participarea procentuală | | 1 | 10 | >30 | 0,3 | 3 | 10 | 0,01 | >0,1 | 0,003 | 0,001 | 0,03 | 0,001 | 1 | 0,001 | 1—3 |

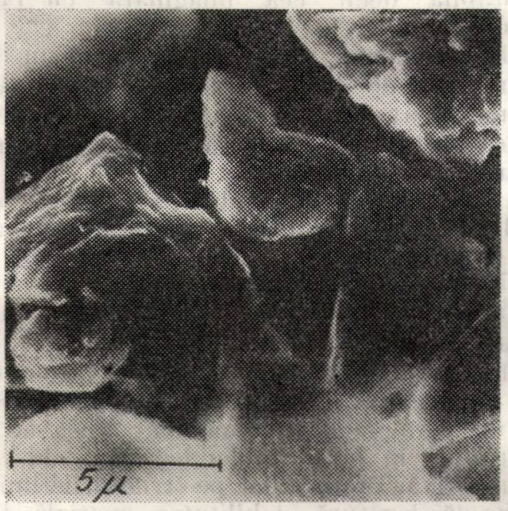



Fig. 4. Stereomicrofotografia illitului.

Fig. 5. Stereomicrofotografia nontronitului.

Fig. 6. Stereomicrofotografia clorit-montmorillonitului.

Fig. 7. Stereomicrofotografia illit-clorit-montmorillonitului.

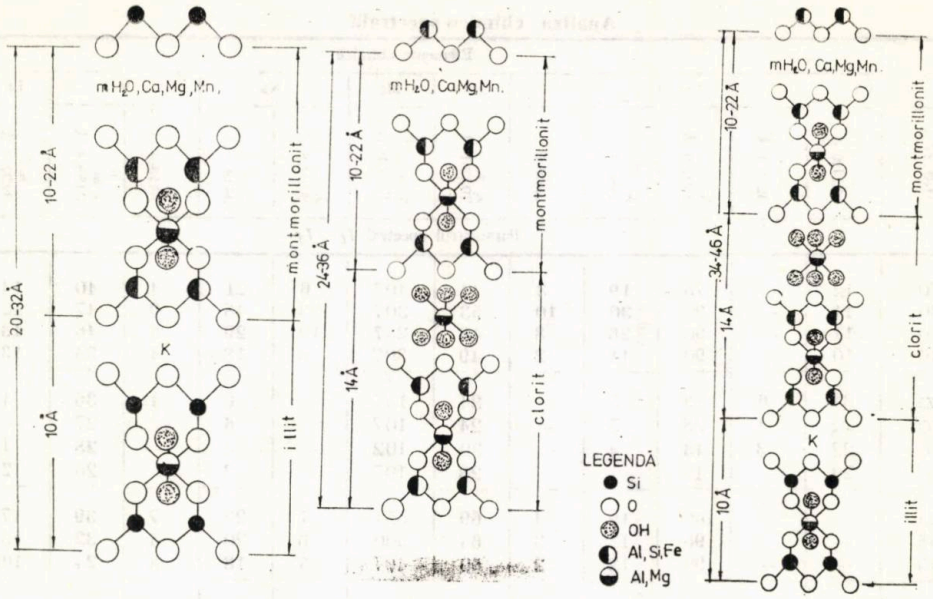



Fig. 8. Schema reţelelor cristaline ale mineralelor de interstratificaţie mixtă ordonată.

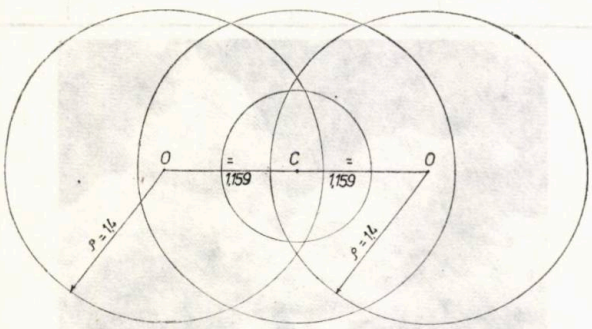



Fig. 9. Diametrul critic al moleculei de $CO_2$ lichid.

formează cu cîte un orbital $p$ al fiecărui din cei doi atomi de oxigen, doi orbitali $\pi$, ale căror planuri sînt perpendiculare unul pe altul.

Energia de formare din atomi, din date experimentale [4], pentru bioxidul de carbon este :

$$\Delta H_{fa}(CO_2) = -383{,}3 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Energia legăturii $C = 0$ este :

$$E_t = -166 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Moleculele cu electroni delocalizaţi (hibrizi de rezonanţă) sînt mai stabile decît moleculele imaginare în care electronii ($\pi$ sau $p$) ar fi localizaţi la anumiţi atomi. Stabilitatea se datoreşte unei repartiţii a electronilor $\pi$ sau $p$ pe orbitali extinşi. Diferenţa dintre energia de formare din atomi a moleculelor reale şi energia de formare din atomi a unor molecule imaginare, avînd electronii localizaţi în anumite poziţii, determină energia de rezonanţă, care la bioxidul de carbon este :

$$E_r(CO_2) = -383{,}3 - (-2 \times 166) = -$$

$$-51{,}3 \text{ K cal} \cdot \text{mol}^{-1},$$

cu alte cuvinte molecula reală de $CO_2$ este mai stabilă decît cea imaginară cu circa 50 Kcal $\cdot$ mol$^{-1}$.

Molecula imaginară de $CO_2$ are deci un diametru critic de 2,8 Å, apare ca simetrică şi deci nu ar avea un permanent dipolmoment. Datele experimentale însă [5] arată că bioxidul de carbon are la temperatura de 20°C, în stare gazoasă, un dipolmoment de 0,2 ± 0,05 Debye. Rezultă deci că bioxidul de carbon are o polaritate, este drept mică ; dealtfel şi benzenul are un dipolmoment mic (0,14 Debye), dar este un cunoscut mediu polar [7]. Existenţa unui permanent dipolmoment este asociată şi cu prezenţa dublei legături în molecule, care determină o oarecare „rigiditate" moleculelor, generînd un permanent dipolmoment, ceea ce nu se întîmplă în lipsa dublei legături, chiar în prezenţa fixării radicalilor pe structurile liniare cu simplă legătură, labilitatea spaţială face ca moleculele să se reorienteze, devenind coplanare, deci nepolare. Momentul electric este o mărime vectorială posedînd o valoare şi o direcţie. În general, dipolmomentul nu este o caracteristică a moleculei ca atare, ci a grupelor componente şi specifice. Dacă structura nu este coplanară atunci ea posedă un dipolmoment.

Din analiza părţii teoretice a polarităţii [3 ; 5] rezultă că două molecule polare în contact generează un quadrupolmoment, că o moleculă polară, intrînd în reacţie cu una nepolară, generează un nou dipolmoment. De aceste elemente ale polarităţii trebuie ţinut seama în modelarea procesului de filtraţie a bioxidului de carbon lichid prin mediile poros-permeabile-polare.

Instalaţia experimentului, a cărei schemă este dată în figura 10, şi-a propus să realizeze

trecerea bioxidului de carbon lichid prin probe la temperaturi constante, pentru care fapt reținătorul de probe este termostatat; prin probe să treacă doar $CO_2$ lichid pentru care rațiune s-a intercalat între tubul cu $CO_2$ și

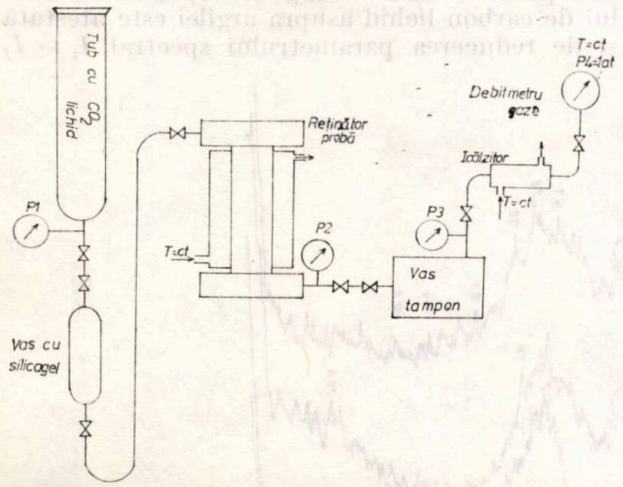



Fig. 10. Schema instalației.

reținătorul de probe vasul cu silicagel; după reținătorul de probe s-a introdus în circuit vasul tampon, menținut la o presiune superioară presiunii de vapori, pentru a se asigura filtrarea $CO_2$ în stare lichidă. După vasul tampon scăderea de presiune fiind mare și existînd posibilitatea formării de dopuri de gheață carbonică, pe traseul de evacuare s-a introdus încălzitorul care elimină formarea gheței carbonice, și după încălzitor se măsoară debitul de $CO_2$ gazos, care se evacuează în atmosferă.

Filtrația bioxidului de carbon lichid prin probele cercetării prezintă datele oglindite în tabelul 2 și în figura 12. În condițiile de lucru (tab. 2), așa cum indică diagrama de stare din figura 11,

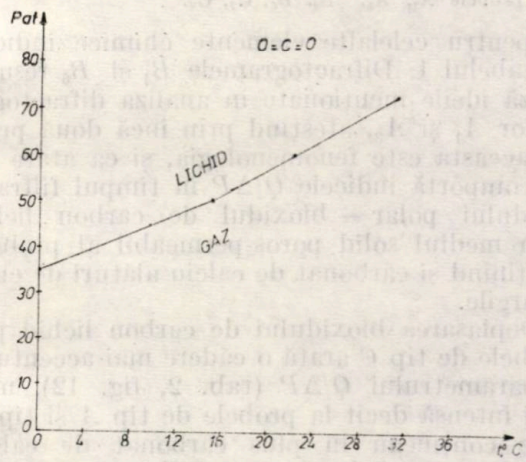



Fig. 11. Diagrama de stare pentru $CO_2$.

sîntem în domeniul bioxidului de carbon lichid. Analizîndu-se variația în timp a parametrului $Q/\Delta P$, cînd temperatura este constantă, se poate observa comportarea în timp a mediului solid al probelor, care suferă modificări în trepte. Se poate reține (fig. 12) că probele s-au blocat la timpi și intensități diferite (tab. 2).

*Tabelul 2*

**Parametrii dislocuirii**

| | Proba | T, °C | $P_1$, at | $P_2$, at | $P_3$ at | $\frac{(Q/\Delta P)_{inițial}-(Q/\Delta P)_{final}}{\Delta t}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 18 | 75 | 56 | 55 | 1,37 |
| A | 2 | 12 | 72 | 52 | 50 | 1,16 |
| | 3 | 8 | 72 | 52 | 50 | 0,85 |
| | 4 | 18 | 75 | 56 | 55 | 1,64 |
| B | 5 | 12 | 72 | 52 | 50 | 2,00 |
| | 6 | 8 | 72 | 52 | 50 | 0,95 |
| C | 7 | 18 | 64 | 58 | 56 | 3,78 |
| | 8 | 8 | 63 | 57 | 56 | 4,74 |

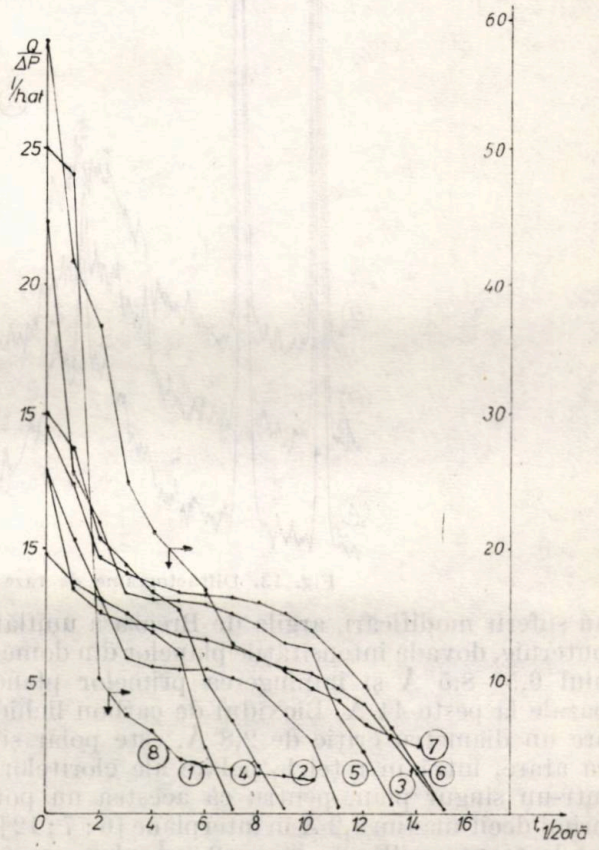



Fig. 12. Variația parametrului $Q/\Delta P$ în timpul filtrării $CO_2$ lichid prin probe

Pentru a desprinde cauzele acestei blocări se va proceda la interpretarea difractogramelor de raze $X$ și a datelor analizei chimico-spectrale de emisie. Analiza chimico-spectrală (tab. 1) sugerează, prin creșterea intensă a gradului de participare a Fe în carotele $A_1$ și $A_2$ blocarea lor și prin prezența hidroxizilor fierului, ca rezultat al intensei coroziuni a fluidului asupra

instalației, la temperaturi de peste 10°C. Intensa coroziune este ilustrată și de prezența crescută a Mn, Ni, V proveniți din oțelul reținătorului de probă. Calciul în probele $A$ nu a suferit variații prea sensibile (tab. 1), în schimb magneziul și-a redus participarea în mod substanțial. În difractogramele $A_1$ și $A_3$ (fig. 13) se observă că în timp ce cuarțul și calcitul nu

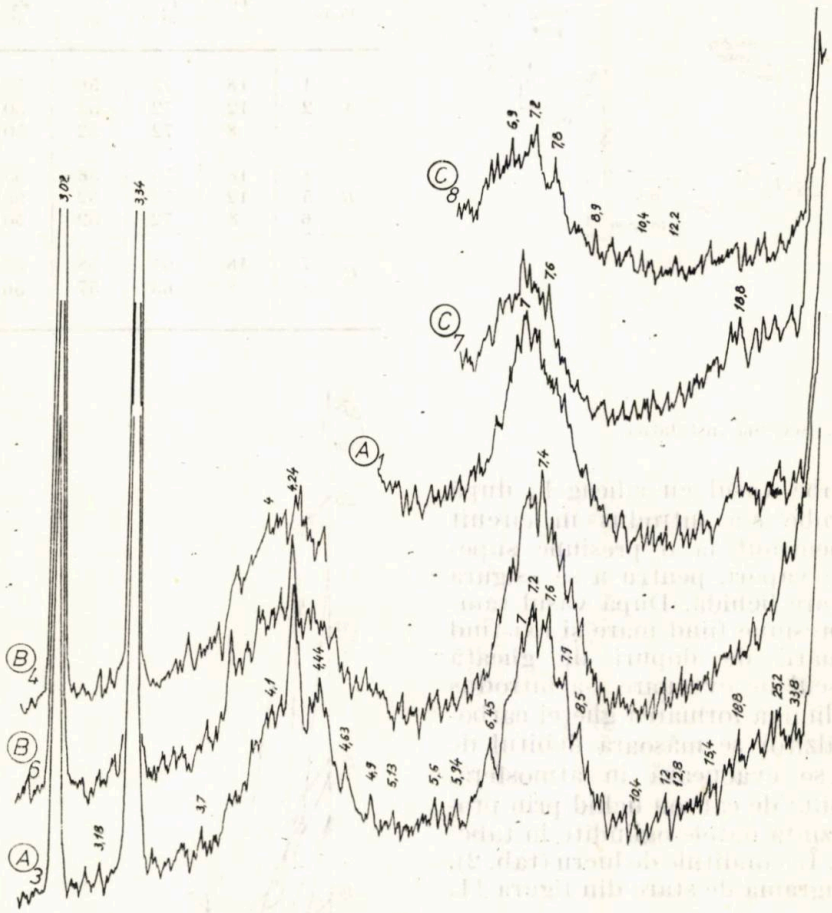



Fig. 13. Difractograme de raze $X$ pentru probele $A_1$, $A_3$, $B_4$, $B_6$, $C_7$, $C_8$.

au suferit modificări, argila de Breaza a umflat puternic, dovadă intensitățile planelor din domeniul 6,5—8,5 Å și împingerea primelor plane bazale la peste 44 Å. Bioxidul de carbon lichid are un diametru critic de 2,8 Å, este polar și, ca atare, intră în rețelele polare ale cloritelor, într-un singur plan, pentru că acestea nu pot primi decît maxim 4,2 Å în interplane [6 ; 7 ; 12], iar la montmorillonite în $n \times 2{,}8$ Å plane, pentru că montmorillonitele au capacitate mare de schimb ionic. Variația nu tocmai însemnată a mărimilor de temperatură utilizate în prezenta cercetare (tab. 2) face ca umflarea să nu apară atît de intensă cum arăta în lucrarea [9]; cu toate acestea, atît seriile de difracție, cît și datele analizei chimico-spectrale de emisie arată că există o influență a temperaturii.

Filtrația bioxidului de carbon lichid prin probele de tip $B$, cele cu conținut de carbonat de calciu ridicat (30 %) și mai redus de argilă (25 %), prezintă diferențe față de tipul $A$ (tab. 1 și fig. 1). Parametrul spectral $I_t - I_f$ (tab. 1) arată reducerea calciului în probe, în timp ce difractogramele $B_4$ și $B_6$ (fig. 13) nu indică influențe asupra calcitului, de unde rezultă că a plecat calciul din argilă. Acțiunea bioxidului de carbon lichid asupra argilei este atestată și de reducerea parametrului spectral $I_t - I_f$ și pentru celelalte elemente chimice indicate în tabelul 1. Difractogramele $B_4$ și $B_6$ resubliniază ideile menționate în analiza difractogramelor $A_1$ și $A_3$, atestînd prin încă două probe că aceasta este fenomenologia, și ca atare așa se comportă indicele $Q/\Delta P$ în timpul filtrației fluidului polar — bioxidul de carbon lichid, prin mediul solid poros-permeabil al probelor conținînd și carbonat de calciu alături de cuarț și argile.

Deplasarea bioxidului de carbon lichid prin probele de tip $C$ arată o cădere mai accentuată a parametrului $Q/\Delta P$ (tab. 2, fig. 12), mult mai intensă decît la probele de tip $A$ și tip $B$, care conțineau în plus carbonat de calciu. Datele analizei chimico-spectrale (tab. 1) indică o mutare sensibilă a ionilor din probe, atestînd că $CO_2$ lichid participă la schimbul ionic cu argilele incluse în probe. Difractograma $C_N$ (fig. 1) arată lipsa calcitului în probă și partici-

parea mai ridicată a argilei de Breaza. Filtrarea prin probele polare $C_7$ și $C_8$ a bioxidului de carbon lichid-substanță polară a determinat, în difractogramele $C_7$ și $C_8$ (fig. 13), creșterea sensibilă a mărimilor parametrilor de difracție, punîndu-se în evidență acțiunea $CO_2$ lichid asupra rețelelor cristaline polare ale cloritelor care umflă și montmorillonitelor. De aceea puternica umflare a argilelor determină (tab. 2 și fig. 12) mărimile cele mai ridicate pentru parametrul blocării $Q/\Delta P$.

Lipsa calcitului din probe nu a schimbat cu nimic comportarea argilelor polare cu fluidul polar-bioxidul de carbon lichid. Se poate reține de aici că rețelele cristaline se comportă după caracteristicile lor structurale (fig. 8) în relațiile lor cu fluidele polare.

Sintetizînd se poate formula.

● Mediul solid poros-permeabil luat în cercetare este un mediu polar, posedînd diferite grade de polaritate, funcție de participarea argilei în probe, în ordinea : tipul $C$ și tipul $A$, urmate de tipul $B$.

● Bioxidul de carbon lichid este un fluid polar.

● Între mediul solid polar și fluidul polar se desfășoară un activ schimb de ioni, modelat de noi [6] prin relația :

$$E = \frac{KT}{Z_+} \ln \frac{C_2}{C_1 + C_2}\Big|_{P=ct}$$

unde :

$E$ este energia de schimb ionic; mV;
$K$ — constanta lui Boltzmann;
$T$ — temperatura absolută a sistemului;
$Z$ — sarcinile ionilor sistemului;
$C_1$ și $C_2$ — concentrațiile ionilor la interfața mediu solid polar, mediu fluid polar;
$P$ — presiunea din sistem.

● Schimbul ionic determină umflarea argilelor [7; 9], care reduce spațiile de filtrare, de unde căderea accentuată a parametrului $Q/\Delta P$ în procesul de filtrație.

● Particulele argiloase, cu care s-a alcătuit mediul solid poros-permeabil, au dimensiuni micronice prin raport cu particulele de cuarț și calcit, fapt pentru care în structura de pori argilele „tapetează" pereții canalelor generate de particulele grosiere [10]. Aceste particule polare-micronice, atunci cînd se umflă, reduc spațiul de pori pînă la blocare. De alcătuirea structurală a spațiului de pori trebuie ținut seama atunci cînd modelăm procesele de deplasare a fluidelor în zăcămintele de hidrocarburi fluide.

**Bibliografie**


[1] Cîrcoană, A., Aldea, Gh. *Mărirea factorului final de recuperare la zăcămintele de hidrocarburi.* Ed. tehnică, București, 1976.

[2] Holm, L. W., Josendal, V. A. *Mechanism of oil desplecement by carbon dioxyde.* SPE—AIME — 4776, Tulsa, Okla, april 1974.

[3] Moelwin Hughes, A. E. *Physical chemistry.* Pergamon Press, London, 1961.

[4] Nenițescu, D. C. *Chimie generală.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1972.

[5] Osipov, A. O., Mirikin, I. V. *Spravocinik po dipolnim momentam.* Izdat. vîssaja škola, Moskva, 1971.

[6] Pârcălăbescu, D. I. *Schimbul ionic între mineralele argiloase prezente în unele structuri gazeifere și fluidele cu care vin în contact.* Buletinul Institutului de petrol gaze și geologie, București, v. XVIII, 1971.

[7] Pârcălăbescu, D. I. *Umflarea mineralelor argiloase polare prin contact cu hidrocarburile polare din condensat și implicații în procesul de exploatare a zăcămintelor.* Buletinul Institutului de petrol și gaze, Ploiești, v. XXI, 1974.

[8] Pârcălăbescu, D. I. *Physical-chemical properties of the Breaza clay used in the preparation of the drilling muds.* Institutul de geologie și geofizică, București, 1975.

[9] Pârcălăbescu, D. I. *Interacțiunea bioxidului de carbon cu apele și rocile colectoare de țiței în condiții de zăcămînt.* Mine, Petrol și Gaze, **31**, nr. 8, 1980.

[10] Pârcălăbescu, D. I. *Cîteva considerații fizico-chimice și geochimice asupra gresiei de Kliwa a colectorului petrolifer din structura Geamăna.* Mine Petrol și Gaze, **31**, nr. 12, 1980.

[11] Pârcălăbescu, D. I. *Considerații fizico-chimice și geochimice asupra mediului solid din meoțianul structurii Oprișenești.* Mine, Petrol și Gaze, **32**, nr. 5, 1981.

[12] Thorez, J. *Practical identification of clay minerals.* Ed. Lelotte, Belgique, 1976.

# Blocarea datorată factorilor mineralogo-petrografici particulari ai formațiunilor productive

Asist. ing. **M. Gheorghițoiu**
Institutul de petrol și gaze Ploiești

Despre fenomenul de b l o c a r e nu se poate vorbi decît din momentul în care sapa pătrunde în formațiunea productivă. Odată cu formarea găurii de sondă, rocile din pereții ei sînt supuse unui fenomen de invazie cu filtrat și particule solide, pe o anumită distanță de la peretele sondei.

F i l t r a t u l f l u i d u l u i d e f o r a j este format, de obicei, din apă dulce sau de o anumită concentrație în săruri, alta decît a fluidelor din strat. Raza de acțiune a acestui agent este destul de mare (6—7 m), iar conturul zonei afectate nu este cilindric datorită anizotropiei formațiunii din punctul de vedere al permeabilității. Frontul de invazie împinge fluidele din pori, inclusiv apa interstițială, departe de sondă, formînd din ele, la periferia zonei invadate, o zonă inelară de rezistivitate foarte mică [3]. Este foarte probabil ca datorită acestei zone, curgerea fluidului invadator dinspre sondă înspre ea să se facă și după încetarea invaziei, sub influența gradienților de presiune osmotică ce iau naștere datorită diferenței de concentrație în săruri a fluidelor din zona invadată și a celor din zona inelară.

Efectele invadării cu filtrat pot fi:

— blocarea cu apă, ca urmare a reducerii permeabilității la hidrocarburi;

— blocarea cu emulsii, ca urmare a formării unor emulsii stabile la amestecarea fluidelor invadatoare cu fluidele din pori;

— precipitarea sărurilor formate la contactul fluidelor invadatoare cu cele din pori;

— blocarea prin umflare sau podire.

P a r t i c u l e l e s o l i d e d i n f l u i d u l d e f o r a j sînt formate din particule de argilă, barită etc. Pătrunderea lor în rocă are loc în primele momente ale filtrării pînă nu se formează turtele interne de colmataj. Pentru a pătrunde în porii rocilor vecine, diametrele lor trebuie să fie mai mici decît 1/3 din diametrul porilor, altfel se podesc [5]. Raza de acțiune a acestui agent este destul de mică (de la cîțiva milimetri la cîțiva centimetri) dar în anumite roci cu permeabilitate mare poate ajunge la 50 cm [5]. Particulele de argilă bentonitice, provenite din detritus, intrate în formațiune, continuă să se umfle pînă la atingerea echilibrului, putînd să se blocheze în gîtuiturile porilor. Blocarea produsă de acest agent apare mai ușor în formațiuni cu porozitate mare, iar odată produsă, curgerea înapoi nu o modifică prea mult.

F i l t r a t u l p a s t e i d e c i m e n t. Dacă se neglijează cazul formațiunilor fisurate sau cu permeabilități mari, predispuse la pierderi de circulație, se poate afirma că în timpul cimentării și în perioada inițială a prizării, în rocile din pereții sondei nu pătrunde decît filtratul din pasta de ciment — chiar dacă tehnologia de cimentare prevede răzuirea turtei de colmataj — datorită turtelor interne de colmataj, formate în timpul săpării sondei. Pătrunderea filtratului din pasta de ciment accentuează unele efecte ce se produc la pătrunderea în formațiune a filtratului fluidului de foraj, funcție de compoziția sa chimică.

Gradul invaziei depinde de:

a — natura și textura rocilor din pereții sondei: porozitate, permeabilitate, posibilitatea de umectare cu filtrat;

b — factorii tehnologici: diferența dintre presiunea hidrostatică a fluidului din sondă și a presiunii fluidelor din formațiune, posibilitățile de formare a turtelor de colmataj interne și externe, permeabilitatea acestor turte, vîscozitatea filtratului, timpul de contact etc. Operatorul are posibilitatea de a regla factorii tehnologici, funcție de natura rocilor, în măsura în care cunoaște această natură.

Reechilibrarea ce se produce în urma invaziei în rocile din pereții sondei are ca efecte, de cele mai multe ori, deteriorarea capacității de curgere a acestor roci pentru hidrocarburi înspre sondă, sau pentru apa sau alte fluide de injecție dinspre sondă, fenomene cunoscute sub numele de b l o c a r e a f o r m a ț i u n i i.

Ca să înțelegem mai bine fenomenul de blocare trebuie să avem o viziune clară asupra naturii rocilor-magazin și a rețelei de pori a acestora. Dacă ne referim la formațiunile productive sedimentare detritice și ținem cont de condițiile de sedimentare acvatice sau eoliene și de transformările mineralogice ce apar ca urmare a fenomenelor diagenetice, rețeaua de pori ne apare formată dintr-un număr imens de canale de diferite dimensiuni (de la miimi de microni, la milimetri), cu secțiuni variabile, traiectorii diverse și grad de comunicare variabil, ai căror pereți sînt alcătuiți din granule de dimensiuni foarte diferite, formate din minerale diferite, legate mai mult sau mai puțin prin lianți de natură diferită.

Mineralele ce alcătuiesc sistemul de pori au atins un anumit echilibru în decursul timpului la interacțiunea cu fluidele cantonate în rețeaua de pori.

În momentul în care are loc invazia sistemului de pori din vecinătatea sondei cu filtratul din fluidul de foraj, mediul în care se află pereții

porilor schimbîndu-se, este modificat și echilibrul în care se aflau mineralele ce alcătuiesc acești pereți.

Timpul scurt de contact (este vorba de timpul necesar punerii în producție) face ca nu toate mineralele ce alcătuiesc rețeaua de pori să fie afectate de agentul invadator (apa dulce sau soluțiile apoase), dar există o categorie de minerale care este foarte mult afectată.

Acestea sînt mineralele argiloide *. În această categorie intră mineralele de origine mineralogică diferită: minerale argiloase, cuarț, feldspat, muscovit, calcit, dolomit, minerale amorfe etc., ale căror caracteristici principale le constituie dimensiunile foarte mici sau posibilitatea de a ajunge la dimensiuni foarte mici datorită fenomenului de dispersie ce apare la contactul lor cu un mediu apos.

Datorită dimensiunilor foarte mici, acestea au energie de suprafață mare, fapt ce duce la fixarea unei mari cantități de apă la suprafață, sau le permite să adere pe alte particule [1].

În cadrul mineralelor argiloide, proporția mineralelor argiloase este, în general, de 10—15% [2], dar ponderea lor la efectul de blocare a formațiunii este mult mai mare datorită proprietăților fizico-chimice în contact cu mediul apos (schimb de bază, sorbția apei, umflare, dispersare, migrare).

Astfel, mineralele cu un conținut mare în montmorillonit, a cărui rețea permite reținerea unei mari cantități de apă, fapt ce determină o extindere apreciabilă a spațiului dintre folii (40, chiar 60 Å) [7], își măresc mult volumul în contact cu apa, ducînd în cazul unui conținut mare de apă cu concentrație scăzută în săruri la o dispersie foarte înaltă.

Tot la un grad înalt de dispersie ajung și mineralele cu un conținut mare de vermiculit și illit sau amestecuri între acestea și montmorillonit.

Dimensiunile particulelor dispersate pot varia de la sute de amștroni la zeci de microni, putînd să pătrundă în pori foarte fini.

Mineralele mixte cum sînt: clorit-vermiculitul sau clorit montmorillonitul pot să fixeze în pori o mare cantitate de apă sau să ajungă la un grad înaintat de dispersie.

Chiar mineralele argiloase ce fixează cantități mici de apă, cum ar fi caolinitele, pot obtura porii mici prin creștere de volum sau dispersie.

**a.** *Descriem cîteva moduri în care mineralele argiloase produc blocarea formațiunii, cu referire și la distribuția lor în sistemul de pori.*

În figura 1 se prezintă schematic distribuția argilei într-o gresie după Pittman și Thomas [4]

* Termen care include mineralele desemnate prin termenul „fines" din literatura de specialitate de limbă engleză.

● Argila laminată din rocă, poziția *4* din figura 1, ce nu formează pereți de pori, nu influențează capacitatea de curgere a rocii.

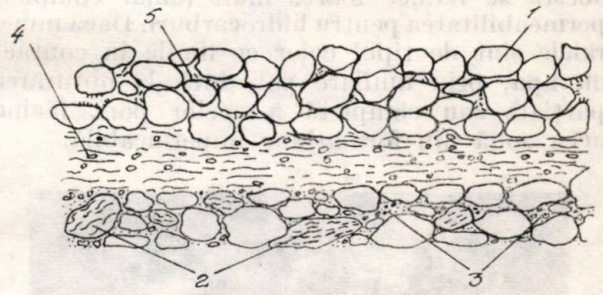



Fig. 1. Repartizarea argilei într-o gresie [4]:
*1* — granule de nisip; *2* — granule de argilă detritică; *3* — argilă detritică compactă; *4* — argilă puternic laminată; *5* — argilă autigenă slab compactizată în pori.

Fig. 2. Fotografie la microscopul electronic cu baleiaj (SEM) pe o carotă dintr-un strat productiv din structura Pordeanu (magnitudine × 1 000); se observă aglomerările de cristale de caolinit pe pereții porilor.

● Particulele discrete de minerale argiloase din imediata apropiere a găurii de sondă, așa cum sînt cele observate în figura 2, sînt antrenate de filtratul care pătrunde în rocă și purtate în interiorul formațiunii. Datorită schimbării mediului de contact, capacitatea lor de hidratare crește, ducînd la umflarea sau dispersarea lor, funcție de natura lor mineralogică. Aceste particule se podesc în coristricțiile porilor. Dacă sînt formate din minerale care umflă se fixează atît de bine încît nu mai pot fi scoase în timpul curgerii înapoi la punerea sondei în producție. În caz că sînt formate din minerale care nu umflă sau umflă foarte puțin, pot fi antrenate de curgerea înapoi la punerea sondei în producție, dar fiind potențiale supape pot să se podească în alte coristricții ale porilor, micșorînd definitiv capacitatea de curgere spre sondă a formațiunii.

● În cazul în care particulele de argilă întîlnite de agentul invadator se află în pori

mici, se pot petrece următoarele fenomene, funcţie de natura lor mineralogică. Ele fixează o mare cantitate de apă în pori, mărind foarte mult saturaţia în apă ireductibilă. În felul acesta se reduce foarte mult (chiar complet) permeabilitatea pentru hidrocarburi. Dacă mineralele sînt de tipul celor ce umflă în contact cu apa, prin umflare pot duce la obturarea parţială sau completă a acelor pori, făcînd acea zonă din formaţiune impermeabilă.

Fig. 3. Fotografie la microscopul electronic cu baleiaj (SEM) pe o carotă dintr-un strat productiv din structura Pordeanu (magnitudine × 3 000); se observă particulele fine neargiloase pe pereţii porilor.

● Cînd mineralele argiloase se găsesc în gîtuituri de pori, dacă sînt de tipul celor ce umflă, pot obtura acei pori prin umflare. Dacă sînt de tipul celor ce nu umflă, prin hidratare dispersează şi sînt antrenate de curentul de fluid ce are o viteză mai mare în gîtuituri, fiind purtate pînă ce întîlnesc deschideri mai mici decît 3 diametre de ale lor, unde se podesc, micşorînd permeabilitatea formaţiunii.

● În cazul în care mineralele argiloase constituie pereţi de pori mari, dacă sînt de tipul celor ce umflă prin hidratare, duc la reducerea secţiunii de curgere a porilor, la creşterea saturaţiei în apă a porilor şi la scăderea permeabilităţii pentru hidrocarburi a formaţiunii. Dacă sînt de tipul celor ce dispersează prin hidratare, sînt antrenate de curentul de fluid, putînd să se podească în coristricţiile pe care le întîlnesc.

● Mineralele dispersabile prin hidratare, care se găsesc în zone în care curentul de fluid nu le poate antrena (funduri de saci, cavităţi în pereţii porilor) pot fi mobilizate de mineralele care umflă, vecine cu ele, prin aducerea primelor în preajma curentului de fluid care le antrenează în mişcarea sa.

● Cînd mineralele argiloase prezente în pori sînt „purtătoare de fier", cum este cloritul, pot apărea probleme în cazul curăţirii sondei cu acizi, în vederea punerii în producţie. Aceste minerale pot fi dizolvate de acidul fluorhidric din amestecul de acizi folosit la curăţire. După dizolvare fierul poate precipita, formînd gelul de hidroxid feric, care poate obtura porii formaţiunii la pornirea curgerii.

**b.** *Migrarea mineralelor argiloide*, de altă natură mineralogică decît cele argiloase, chiar dacă acestea nu umflă, joacă un rol foarte mare în cadrul procesului de blocare a formaţiunii.

Particulele fine de dimensiuni mult mai mici decît un micron, aşa cum se observă în figura 3, şi pînă la limita superioară de 30—40 microni (aleasă arbitrar) din rocile productive, reţin tot mai mult atenţia cercetătorilor. În roci productive, ele există în cantităţi suficiente pentru a produce blocări serioase [2]. Fotografiile, luate pe diverse probe la SEM, arată că granulele mai mari ale rocilor colectoare sînt acoperite de aceste particule fine (într-un număr variabil şi de o natură mineralogică foarte diversă).

Studiile de laborator care modelează curgerea particulelor fine în strat arată că factorii care influenţează această curgere sînt, pe de o parte [6]:

— natura mineralogică a particulelor fine;

— istoricul mediului de contact în cadrul formării zăcămîntului; aceşti doi factori influenţează capacitatea particulelor fine de a fi umezite de fazele lichide din strat, iar pe de altă parte [2]:

● existenţa mişcării în strat a fazei care le udă;

● intensitatea acestei mişcări.

Particulele fine nu sînt mobilizate decît de fluidele care le udă [2]. Cînd această fază este în mişcare (singură sau împreună cu altele) aceste particule sînt puse în mişcare, ducînd la blocarea formaţiunii prin efectul de podire. Schimbarea intensităţii curgerii duce la rearanjarea particulelor podite, unele poduri distrugîndu-se ca să se formeze altele, în alte regiuni ale formaţiunii.

După cum s-a mai spus, mineralele argiloase formează o proporţie doar de 10—15% [2] în cadrul mineralelor argiloide din rocile colectoare. De aici se desprinde ideea că tratamentele aplicate pentru inactivarea mineralelor argiloase din rocile productive afectează doar o mică parte din mineralele care pot duce, în condiţiile create de deschiderea stratului prin foraj, la blocarea formaţiunii, rezultatele fiind sub cele scontate.

În concluzie, blocarea formaţiunilor productive datorită particularităţilor mineralogo-petrografice a acestora se produce ca urmare a invadării rocilor din vecinătatea sondei de către filtratul din fluidul de foraj sau din pasta de ciment, invazie ce poate avea următoarele efecte:

— creşterea saturaţiei în apă a rocilor vecine sondei;

— podirea în coristricţiile din sistemul de pori a particulelor fine mobile de altă natură minerologică decît argilele;

— umflarea şi podirea mineralelor argiloase în sistemul de pori.

Pentru inactivarea mineralelor argiloide din stratele productive este necesar să se facă studii pe fiecare zăcămînt în parte, studii care să pună în lumină natura mineralogică a acestor minerale, precum şi comportarea lor, în condiţii de curgere variabile, sub influenţa diferiţilor aditivi, lucru ce ar duce la stabilirea celor mai adecvate tratamente şi a timpului optim de aplicare a acestora, în vederea unor puneri în producţie optime a sondelor.

**Bibliografie**


[1] Manolescu, G. *Rocile argiloase — proprietăţi.* Buletin I.P.G.G., vol. VI, 1960, p. 111.

[2] Muecke, T. W. *Formation fines and factors controlling their movement in porous media.* J.P.T., february, 1979, p. 144.

[3] Pîrvu, G. ş.a. *Petrolul în colectoare fisurate.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1978.

[4] Pittman, E. D., Thomas, J. B. *Some aplication of Scanning electron microscopy to the study of reservoir rock.* J.P.T., november, 1979, p. 1 375.

[5] Abrams, A. *Mud design to minimize rock impairment due to particle invasion.* J.P.T., may, 1977, p. 586.

[6] Salathiel, R. A. *Oil Recovery by Surface Film Drainage In Mixed-Wettability Rocks,* J.P.T., octomber 1973, p. 1 216.

[7] Mastacan, G., Mastacan, I. *Mineralogie.* Ed. tehnică, Bucureşti 1976.


# INFORMAŢII

## Tîrgul de la Leipzig

*14 — 20 martie 1982*

Ediţia din 1982 a Tîrgului de primăvară de la Leipzig — eveniment economic de vîrf pentru comerţul internaţional şi conlucrare tehnico-ştiinţifică între state — a reunit aproximativ 9 000 expozanţi din 60 de ţări, prezenţi pe o suprafaţă expoziţională de 340 000 m², cu produse din domeniile: metalurgie, maşini grele, maşini-unelte, electrotehnică, automatică, aparate de precizie, tehnică de măsură şi control, poligrafie, producţie editorială etc.

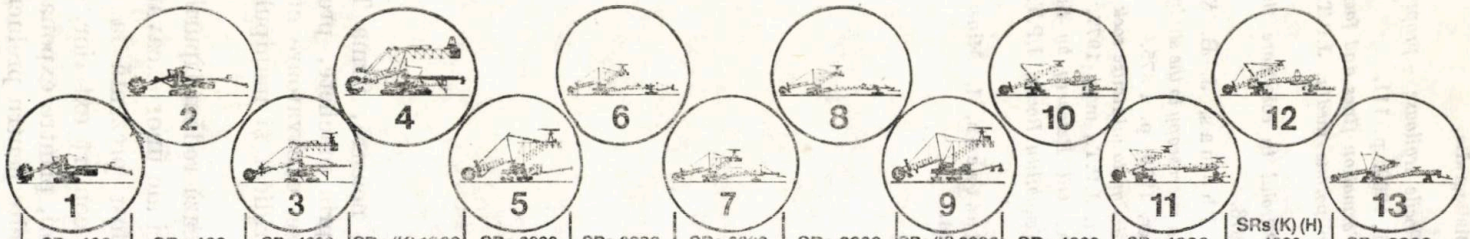
Cele 4 200 de combinate şi întreprinderi din Republica Democrată Germană au prezentat în cadrul tîrgului oferta lor la export — produse noi şi perfecţionate — care evidenţiază progresele dobîndite în economia R.D.G. în ultimul deceniu, în special în domeniul aplicării microelectronicii în industrie.

Dintre exponatele care au prezentat un deosebit interes pentru specialiştii din industria carboniferă din ţara noastră, firma TAKRAF a făcut cunoscute, prin machete, prospecte şi exponate propriu-zise, excavatoare cu cupă şi rotor, instalaţii de ridicat şi manipulat, benzi de transport etc.

În tabelul ce urmează redăm tipurile şi principalele caracteristici ale unor excavatoare

Ţara noastră a fost prezentă la tîrg prin 20 întreprinderi de comerţ exterior, expunînd circa 300 produse noi, printre exponate numărîndu-se: maşini-unelte pentru prelucrarea metalelor, tractoare, produse ale industriei electronice etc. De o apreciere deosebită s-a bucurat, din partea specialiştilor, instalaţia de foraj F-125 2DHT, avînd sarcina la cîrlig de 125 t, adîncimea de foraj 2 800 m, adîncimea pentru operaţii speciale 6 000 m (cu material tubular) şi 5 000 m (cu cablu de lăcărit), puterea instalaţiei fiind de 700 CP (cu două motoare de cîte 350 CP/motor).

TABELUL




| TIPUL DE EXCAVATOR | 1 SRs 400 14/1.0 (500 kW) | 2 SRs 400 15/1.5.0 (320 kW) | 3 SRs 1000 26/4.0 (340 kW) | 4 SRs (K) 1000 19/1.5.0 (800 kW) | 5 SRs 2000 28/3.0 (2 × 630 kW) | 6 SRs 2000 30/6.0 (2 × 500 kW) + VR | 7 SRs 2000 33/3.0 (2 × 500 kW) + VR | 8 SRs 2000 33/6.0 (2 × 500 kW) + VR | 9 SRs (K) 2000 28/3.0 (2 × 630 kW) + VR | 10 SRs 4000 39/5.0 (2 × 630 kW) + VR | 11 SRs 4000 36/3.5.0 (3 × 630 kW) + VR | 12 SRs (K) (H) 4000 36/3.5.0 (3 × 630 kW) + VR | 13 SRs 6300 50/15.0 (3 × 630 kW) + VR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Productivitate calculată, material în vrac, $m^3/h$ | 2 300/2 800 | 2 300/2 800 | 2 800 | 3 000/3 800 | 3 800/4 800 | 4 600/6 000 | 4 500/5 400 | 6 000 | 3 600/4 500 | 8 700/11 000 | 9 100/11 000 | 5 200/6 650 | 10 500/14 000 |
| Productivitate calculată, sol natural, $m^3/h$ | 1 650/2 000 | 1 650/2 000 | 2 000 | 2 150/2 700 | 2 800/3 550 | 3 400/4 400 | 2 800/3 350 | 4 300 | 2 400/3 200 | 6 200/7 850 | 6 500/7 600 | 3 900/5 000 | 8 400/11 200 |
| Efortul specific la excavare, N/cm | 1 125/910 | 660/520 | 430 | 3 930/3 000[2] | 1 370/1 080 | 880/630 | 1 080/880 | 570 | 3 340/2 640[2] | 850/590 | 1 340 | 1 850/1 400 | 880/590 |
| Înălţimea de excavare, m | 14 | 15 | 21 | 19 | 28 | 30 | 33 | 33 | 28 | 39 | 36 | 36 | 50 |
| Adîncimea de excavare, m | 1[1] | 1,5[1] | 3 | 1,5[1] | 3[1] | 6 | 3[1] | 6 | 3[1] | 5 | 3,5[1] | 3,5[1] | 15 |
| Lăţimea blocului(max), m | 18 / 16[2] | 19 / 17[3] | 30 | 25 | 50 | 55 | 55 | 55 | 50 | 65 | 60 | 60 | 90 |
| Masa în stare de funcţionare, circa t | 500 | 500 | 1 100 | 1 100 | 2 300 | 2 950 | 2 800 | 2 850 | 2 350 | 5 050 | 4 850 | 5 450 | 9 000 |
| Presiunea pe sol, circa $N/cm^2$ | 11 | 10 | 10 | 11,5 | 11,8 | 11,5 | 8,5 | 11 | 14,6 | 12,6 | 12,4 | 12 | 14 |
| Diametrul rotorului, m | 7,5 | 7,5 | 9,0 | 9,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 12,0 | 11,0 | 15,0 | 16,0 | 15,0 | 17,0 |
| Nr. de cupe/palete intermediare tăietoare | 12 | 12 | 10/10 | 18 | 18 | 18 | 7/7 | 10/10 | 32 | 18 | 16 | 22 | 18 |
| Coeficientul de afînare, $min^{-1}$ | 70/84 | 70/84 | 56 | 85/107 | 60/75 | 70/91 | 30/36 | 48 | 172/216 | 60/75 | 69 | 73/92 | 53/71 |
| Distanţă max. ax rotor--centru de rotire, m | 14,5 | 16,5 | 29 | 22 | 37 | 44 | 44 | 44 | 37 | 50 | 42 | 42 | 77,5 |
| Lăţimea transportorului, m | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 2,5 | 2,5 | 2,25 | 2,5 |
| Distanţă max. jgheab - ax excavator, m | 22,5 / 20,5[3] | 22,5 / 20,5[3] | 30 / 25[3] | 30 / 25[3] | 43,5 | 96,5 | 88,5 | 109,5 | 40,5 | 120 | 114 | 120 | 157 |
| Înălţimea platformei de lucru a transportorului, m | - | - | - | - | - | ±8 | ±3 | ±10 | - | ±10 | +20 −15 | ±10 | ±12 |

1. Fără excavare sub nivelul şenilelor.
2. Raportată la lungimea dinţilor tăietori.
3. In cazul deplasării pe cale ferată.

Pe toată durata tîrgului au avut loc simpozioane şi conferinţe de specialitate pe teme de interes major: metalurgie/maşini grele/ instalaţii; maşini-unelte; electronică; tehnica automatizării; prelucrarea datelor; tehnică de măsură şi control/aparate de precizie; telecomunicaţii etc.

Caracterul internaţional al tîrgului a făcut posibile intense activităţi comerciale şi a garantat informaţiile privind nivelul de dezvoltare al economiilor ţărilor participante.

*E. V.*

# ŞTIRI

### India: comenzi de utilaj

Dintr-un total de 12 maşini de abataj, pe care India le-a exportat după anul 1977, nouă au fost construite şi livrate de Anderson Strathclyde.

Patru din maşini sînt de tipul AB 16 cu tambur mobil. O altă maşină cu un tambur, împreună cu un transportor blindat scurt şi echipamentul electric necesar, au fost livrate Centrului de formaţie profesională de la Moonidih.

Combine de 200 kW, cu doi tamburi, cu transportor blindat şi repartitor sînt în curs de livrare la minele Seetalpur şi Eastern Coalfields.

Pentru minele Western Coalfields s-a comandat o maşină de acelaşi tip, împreună cu transportorul blindat, şi toate echipamentele electrice şi de semnalizare corespunzătoare.

Prelucrare din Industrie Minérale

### Noi succese pentru combinele de abataj Anderson

Combina Anderson Strathclyde AM 500, cu doi tamburi, cu o înălţime variabilă, a tăiat, într-o săptămînă, în frontul nr. 1 de la mina Newcom Collieries Pty Ltd, 34 051 t, adică mai mult cu 5 791 t decît recordul precedent. În frontul nr. 2, aceeaşi combină a extras 36 601 t în prima săptămînă din noiembrie 1980, atingînd 9 572 t într-o zi.

Această maşină este pusă în mişcare de un motor de 300 kW. Tamburii sînt montaţi pe braţe cu lungimea de 2,064 m. Ea este echipată cu comandă radio, un spărgător de blocuri şi sistemul de avans fără lanţ Roll Rack.

O altă combină AM 500 a tăiat la o mină din Africa de Sud: 166 321 t în luna octombrie 1979; 1,2 mil. tone într-o primă campanie de 45 de săptămîni; 1,95 mil. tone din septembrie 1979 pînă în decembrie 1980, cu o medie de 28 132t pe săptămînă, timp de 69 săptămîni.

În mai 1980, în 15 schimburi, această combină a tăiat 43 863 t.

Combina AM 500 lucrează într-un front lung de 200 m, grosimea stratului fiind de 2,30 m.

Ea este echipată cu două motoare de cîte 375 kW la 1 000 V, avansul hidraulic dezvoltă un efort de 36,6 t, printr-un lanţ de 26 mm.

Doi tamburi: diametrul 1,65 m, diametrul 0,75 m, sînt montaţi pe braţe de 1,35 m.

O altă combină AM 500 a fost livrată în R. P. Chineză şi a realizat deja o producţie record de 275 625 t în ultimul trimestru 1980.

Prelucrare din Industrie Minérale

### Procedeul Koppers Totzek pentru obţinerea gazului din cărbune

Procedeul Koppers-Totzek, de gazeificare a cărbunelui, a cucerit piaţa energetică a Statelor Unite, după ce a fost testat în 15 ţări, atît pe plan economic, cît şi pe plan tehnic. International Coal Refining Company, din Allentown, Pennsilvania, a ales acest procedeu în cadrul instalaţiei sale industriale de hidrogenare şi lichefiere a cărbunelui.

Tranzacţia cuprinde sistemul complet de gazeificare înglobînd gazeificarea cărbunelui, recuperarea căldurii, desprăfuirea şi tratamentul apei de spălare pentru producţia hidrogenului necesar hidrogenării şi lichefierii cărbunelui. Fiecare din cele patru gazeificatoare Koppers-Totzek prevăzute poate produce 32 000 $m^3/h$ de gaz pur.

Instalaţia SRC—1, a cărei capacitate de prelucrare va atinge, în prima etapă, 6 000 t/zi de cărbune, va fi construită aproape de Newman, Kentucky, în apropierea cîmpurilor carbonifere. Începutul montajului este prevăzut pentru 1982/83, darea în folosinţă pentru 1984. Cînd vor fi terminate cele cinci etape de extindere prevăzute, marea instalaţie va prelucra în fiecare zi 30 000 t de cărbune. Ca subproduse, se vor obţine hidrocarburi, gaz cu reziduuri grele, care vor putea fi folosite la obţinerea carburanţilor şi produselor petrochimice.

Prelucrare din Industrie Minérale

### O nouă uzină pilot de lichefiere a cărbunelui

O asociaţie de societăţi japoneze compusă din Nippon Kokan K. K., Electro Power Development, Asahi Chemical Industry, Hitachi, Mitsui Engineering & Shipbuilding are intenţia să construiască o uzină pilot de lichefiere a cărbunelui cu o capacitate de 2,4 t/zi. Această unitate va fi implantată în uzina Nippon Kokan la Kawasaki şi va utiliza procedeul de lichefiere prin hidrogenare directă.

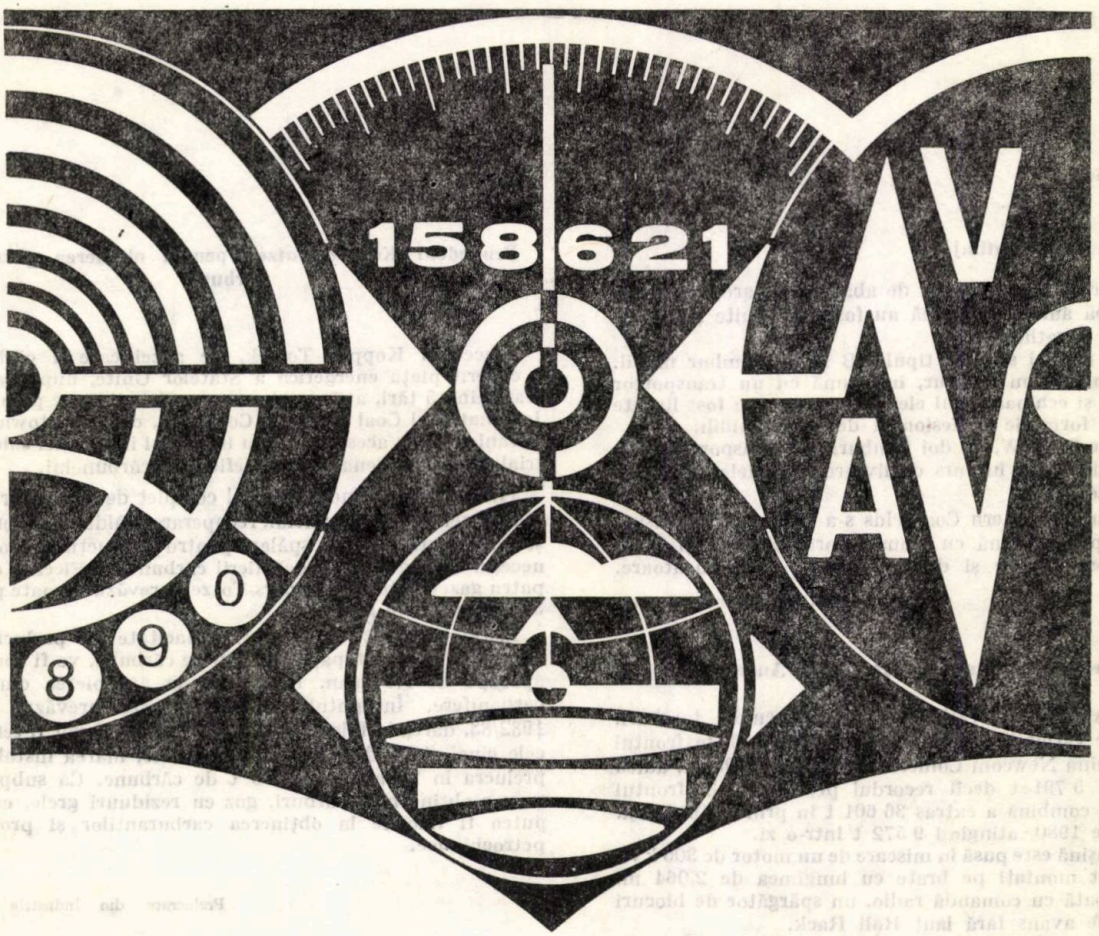
Darea în folosinţă este prevăzută pentru 1982 şi dacă, după un an, experienţa se va dovedi concludentă, cele patru întreprinderi vor construi pînă în 1985 o unitate mult mai mare (250 t/zi), apoi o unitate la scară industrială de 25 000 t/zi.

Prelucrare din Industrie Minérale

# MASHPRIBORINTORG

Întreprindere de comerţ exterior

## EXPOZIŢIE MOBILĂ




### în domeniul „Salvării miniere"

**Expoziţia va fi prezentată în oraşele : Bucureşti — 12 iunie ; Craiova — 14 iunie ; Petroşani — 16 iunie ; Cluj-Napoca — 18 iunie şi Ploieşti — 21 iunie.**

Orele de vizitare 10–16

La expoziţie se vor prezenta :

– aparatură de control şi măsură a conţinutului de metan în mine de cărbuni : metanometre, complexul „Metan", interferometre etc. ;

– aparate pentru protecţia căilor respiratorii şi aparate individuale de salvare ;

– aparate de control şi reglare a aparaturii pentru protecţia căilor respiratorii.

Aceste aparate, aparatură şi dispozitive se folosesc cu succes în industriile minieră, chimică, metalurgică şi în alte ramuri industriale.

PUBLICOM

## Bine aţi venit la expoziţia

## MAŞPRIBORINTORG

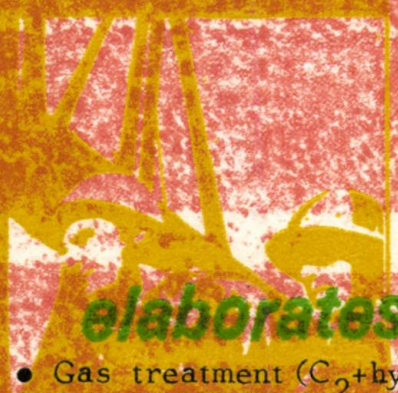
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

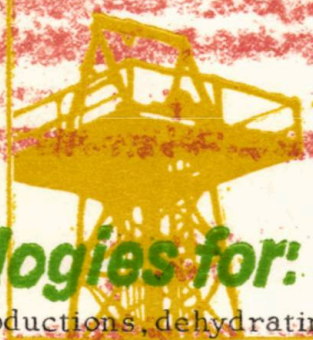
# RESEARCH AND DESIGN INSTITUTE FOR OIL AND GAS - CÎMPINA

ADRESS :
INSTITUTUL DE CERCETĂRI ȘI PROIECTĂRI PENTRU PETROL ȘI GAZE - CÎMPINA, str. Culturii 29, tel. 31730, cod 2150

## carries out:

- GAS-CHROMATOGRAPHIC, POTENTIOMETRIC, SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS TO ESTABLISH THE COMPLETE COMPOSITION OF FLUIDS PRODUCED IN THE HYDROCARBON FIELDS ;
- PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS TO CHARACTERIZE THE SOLID ABSORBENTS (ACTIVE CARBON, MOLECULAR SIEVES, SILICA GEL) USED IN GAS CONDITIONING TECHNOLOGIES





## elaborates technologies for:

- Gas treatment ($C_2$+hydrocarbons productions, dehydrating, desulphuration )efc ;
- Oil cleaning (removal of water and mechanical impurifies);
- Rheologic caracteristics improvement of viscous and high refrigeration oils for pipe-line transportation;
- Residual waters conditioning for technologic injection in oil and gas fields;
- Well treatment to control sand rush and water chanelling;
- Production increase by alkaline and surfactant solutions injections;
- Reduction of hydrocarbon losses, light crude stabilization, production of oil from residues and residual water etc.;
- Additives for the elaboration of drilling fluids and cement slurries utilised for drilling and cementing of oil and gas wells;
- Drilling fluids and cement slurries for offshore drilling;
- Drilling fluids with high thermical atability for drilling of deep and ultra deep wells;
- Drilling fluids for penetration of the productive horizon;
- Phisicochemical analysis of the additives used to prepare the drilling fluids and cement slurries;
- Phisicochemical analysis of the fluid loss of drilling fluids;
- Elaboration of the equipment for testing the rheologic and fluid loss properties of the drilling fluids, at high temperatures and pressures.

# 30 DE ANI pe piața mondială

## U.R.S.S. — CENTRALA DE COMERȚ EXTERIOR

# MACHINOEXPORT

Aduce la cunoștința specialiștilor români că în perioada 18 mai — 2 iunie 1982 va prezenta în R. S. România o expoziție sub formă de modele și prospecte de utilaje miniere, care se folosesc cu succes în peste 30 de țări din întreaga lume:

— complexe mecanizate pentru exploatarea zăcămintelor de cărbuni ;

— complexe de mare productivitate pentru săparea lucrărilor miniere ;

— mașini de încărcat și încărcătoare folosite la săparea lucrărilor miniere ;

— mașini miniere de transport și extracție ;

— utilaje pentru lucrări de terasament ;

— utilaje și echipamente auxiliare.

In programul expoziției vor fi prezentate, de asemenea, referate și filme documentare de scurt metraj, cu privire la modul de exploatare a utilajelor expuse.

Programul de vizitare : orele 10—16, în următoarele localități :

București, 18 și 19 mai;
Tg. Jiu, 24—25 și 26 mai;
Petroșani, 31 mai — 1 și 2 iunie

**MACHINOEXPORT**

USSR MOSCOW 117330 MOSCOW V-330 MACHINOEXPORT
147-15-42, 143-84-68 411207, 411242 MCHEX SU

PUBLICOM

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XXXIII

Nr. 5 1982


## CUPRINS


*Scripăţ, V., Grou. I., Iaru, Al. şi Popescu, Şt.* **Realizări şi orientări în domeniul gospodăririi şi protecţiei calităţii apelor în industria extractivă minieră** . . . . . 201

*Csog, Al., Racz, A., Bencze, Şt. şi Avram. Tr.* **Introducerea transportului cu schip pentru extragerea minereului la Intreprinderea minieră Bălan** . . . . . 205

*Constantinescu. I. şi Sârbu, R.* **Studiul cinematic şi dinamic al procesului de măcinare autogenă pe baza teoriei pendulului matematic** . . . 209

*Zorilescu, D.* **Metode de raţionalizare a capacităţilor de producţie** . . . . . 214

*Pavel, A.* **Rezistenţa elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (I)** . 223

*Sitaru, Gh., Popa, Gh, C., Grigore, V. şi Popescu, C.* **Studiul comparativ al unor teorii de ascensiune a amestecurilor multifazice în coloane cu ţevi verticale cu exemplificări pentru condiţiile sondelor care produc în erupţie naturală** . . . . . 232

*Paraschiv, D., Demetrescu, Cr., Soroiu, M.* **Date geocronologice referitoare la fundamentul metamorfic şi la unele corpuri magmatice din Platforma moesică** . . . . . 239



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ**, *preşedinte;* dr. ing. **GHEORGHE ALDEA**; ing. **ŞTEFAN BENEA**; dr. geol. **IOSIF BERCIA**; ing. **TEODOR BORU**; dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU**; ing. **VIRGIL FĂTU**; dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ**; dr. ing. **FLOREA NEAGU**; ing. **NICOLAE PANTILIE**; **ELENA VRĂNCEANU**, *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.5 : 622.57

Scripăţ, V. ş.a. *Realizări şi orientări în domeniul gospodăririi şi protecţiei calităţii apelor în industria extractivă minieră*

Se prezintă principalele realizări din domeniul gospodăririi apelor de mină şi de la uzinele de preparare în vederea economisirii şi protecţiei calităţii apelor. Se dau orientările pentru perioada anilor 1981—1985 în vederea creşterii eficienţei mijloacelor de epurare a apelor reziduale.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.678.5

Csog, A. *Introducerea transportului cu schip pentru extragerea minereului la I. M. Bălan*

Se prezintă aspecte referitoare la variantele care au fost analizate cu ocazia proiectării lucrărilor de construcţii miniere şi a instalaţiilor electromecanice pentru introducerea transportului minereului cu schip, prin puţuri verticale, la Întreprinderea minieră Bălan.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.735

Constantinescu, I. şi Sîrbu, R. *Studiul cinematic şi dinamic al procesului de măcinare autogenă pe baza teoriei pendulului matematic*

După ce se analizează parametrii cinematici şi dinamici ai procesului de măcinare autogenă, pe baza teoriei pendulului matematic, autorii determină regimurile de funcţionare pentru realizarea celor două stări principale : de cascadă şi de cataractă.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.01 : 658.3.018

Zorilescu, D. *Metode de raţionalizare a capacităţilor de producţie*

După ce analizează trei metode de raţionalizare a capacităţilor de producţie în minerit, funcţie de caracteristicile tehnico-economice ale zăcămintelor (metoda variantelor, metoda beneficiului total actualizat şi metoda riscului minim acceptabil de nerealizare a unor conţinuturi medii limită la alimentarea uzinelor de preparare), autorul prezintă o metodă de analiză şi optimizare a pragurilor de rentabilitate a exploatărilor miniere, funcţie de momentul punerii lor în exploatare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.245 : 622.241.5

Pavel, A. *Rezistenţa elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (I)*

Se identifică solicitările structurilor tubulare mixte, de tipul coloanelor de tubare cu diametru mare, şi se elaborează o teorie generală privind rezistenţa elastomecanostatică corespunzătoare. Se realizează particularizările teoriei respective pentru solicitările distincte la presiune uniformă interioară, exterioară şi diferenţială.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.276 : 622.245.1

Sitaru, C. ş.a. *Studiul comparativ al unor teorii de ascensiune a amestecurilor multifazice cu coloane cu ţevi verticale, cu exemplificări pentru condiţiile sondelor care produc în erupţie naturală*

Autorii clarifică unele aspecte care caracterizează ascensiunea amestecurilor multifazice în coloana de ţevi de extracţie, iar pe baza rezultatelor obţinute, în vederea studiului critic şi comparativ al teoriilor expuse pentru verificare, au putut fi stabilite gradul lor de extracţie, posibilităţile şi limitele de utilizare în concordanţă cu condiţiile caracteristice funcţionării sondelor eruptive.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 552.161/163

Paraschiv, D., Demetrescu, Cr. şi Soroiu, M. *Date geocronologice referitoare la fundamentul metamorfic şi la unele corpuri magmatice din Platforma moesică*

Se prezintă primele date geocronologice privind vîrsta izotopică a unor metamorfite şi magmatite din Platforma moesică, precum şi cîteva comentarii preliminare pe marginea rezultatelor obţinute.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

# CONTENTS

C.Z. 622.5 : 622.57

Scripăţ, V. a.o. *Results and ways in administration and quality control of waters in the mining industriy*

The main results in administration mine and benefication plant waters, in order to save and keep clear water, are presented. The ways to increase the efficiency of plants for residual waters are given.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.678.5

Csog, Al. a.o. *Application of skip transportation at Bălan ore mine*

Project alternatives for shaft construction and electrical and mechanical equipment for vertical shaft transportation are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.01 :658.3.01.8

Constantinescu, I. and Sîrbu, R. *Cinematic and dynamic analysis of autogeneous grinding process based on the mathematic pendulum theory*

The cinematic and dynamic parameters are analysed and the operating conditions in two main cases (falling and rolling) are established.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.01 :658.3 :018

Zorilescu, D. *Methods for the rationalization of output capacities*

Taking into account the technical and economic deposit characteristics three methods of rationalization output capacities, i.e. of variants, of actual total profit and of minimum risk are given. Than an analysis and optimization method for the breakeven of mining exploitation as function of commissioning moment is presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.245 : 622.241.5

Pavel, A. *The elastic, mechanic and static resistance of large diameter string of casing (I)*

The stresses of the tubular structures and a general theory on the elastic, mechanic and static resistance of the string of casing with large diameter are examined. The theory is applied in the case of distinct stresses when uniform, inner, outer and differential pressures work.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.276 : 622.245.1

Sitaru, a.o. *Comparative study of some theories regarding the rising of polyphasis mixtures into the vertical drill rods with an example in the case of an eruptive well*

Some aspects regarding the rising of polyphasis mixtures into the drill rods during the oil extraction are cleared, then the possibilities and the limits in using these mixtures in concordance with the specific conditions of the eruptive well activity are shown.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 552.161/163

Paraschiv, D., Demetrescu, Cr. and Soroiu, M. *Geochronological data regarding the metamorphic base and some magmatic bodies from the Moesic Platform*

The first geochronological data on the isotopic age of some metamorphites and magmatites from the Moesic Platform as well as some preliminary considerations on these data are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

# СОДЕРЖАНИЕ

C.Z. 622.5 : 622.57

Скрипэц, В. и др. *Результаты и направления в области хозяйствования и охраны качества вод в горнодобывающей промышленности*

Представлены основные результаты в области хозяйствования шахтных вод, а также сточных вод обогатительных фабрик, в целях снижения расхода вод и охраны качества вод. Представлены направления повышения эффективности применения средств очистки сточных вод на период 1981—1985 г.г.

Ключевые слова: хозяйствование, охрана, сточные воды, шахтные воды, горнодобывающая промышленность.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.678.5

Чог, А. идр. *Внедрение скипового подъема на горнорудном предприятии Бэлан*

Представлены некоторые аспекты рассмотренных вариантов при проектировании горных выработок и электромеханических установок для внедрения скипового подъема руд по вертикальным стволам на Горнорудном предприятии Бэлан.

Ключевые слова: скиповой подъем, горнорудное предприятие

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.735

Константинеску, И. и Сырбу, Р. *Изучение кинематики и динамики процесса самоизмельчения на основе теории математического маятника*

После рассмотрения параметров кинематики и динамики процесса самоизмельчения, на основе математического маятника, авторы устанавливают режимы работ для получения двух основных состояний: каскадное и водопадное.

Ключевые слова: кинематика, динамика, самоизмельчение, теория математического маятника, состояние каскадное и водопадное

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.01 : 658.3.018

Зорилеску, Д. *Методы рационализации производственных мощностей*

После рассмотрения трех методов рационализации производственных мощностей горных предприятий в зависимости от технико-экономических характеристик месторождений (метод вариантов, метод общей рентабельности и метод минимально допустимого риска при

неподтверждении среднего предельного содержания руд питания обогатительных фабрик), автор представляет метод анализа и оптимизации границ рентабельности горных предприятий в зависимости от периода их сдачи в эксплуатации.

Ключевые слова: рационализация, производственные мощности, характеристика месторождений, рентабельность, среднее предельное содержание руд.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 622.245 : 622.241.5

Павел, А. *Упругомеханостатическое сопротивление трубопроводов большого диаметра (I)*

Указываются нагрузки на смешанные структуры трубопроводов большого диаметра и разработывается общая теория соответствующего упругомеханостатического сопротивления. Приводятся специфические особенности данной теории для отдельных нагрузок в зависимости от равномерного, внутреннего, наружного и дифференциального давления.

Ключевые слова: упругомеханостатическое сопротивление, структуры трубопроводов большого диаметра, давление внутреннее, наружное и дифференциальное.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 622.276 : 622.245.1

Ситару, К. и др. *Сопоставительное изучение теории подъема многофазовых смесей колонн вертикальных труб применительно к условиям скважин, работающих в естественном извержении*

Авторы разъясняют некоторые аспекты, характеризирующие многофазовый подъем в колоннах труб, а на основе полученных результатов, в целях критического и сопоставительного изучения теории, было возможно определить степень их извлечения, возможности и пределы использования в зависимости от характерных условий скважин.

Ключевые слова: подъем многофазовых смесей, колонны труб, извергающие скважины

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 552.161/163

Параскив, Д., Деметреску, Кр. и Сорою, М. *Геохронологические данные, касающиеся метаморфического фундамента и некоторых магматических тел Мзинской платформы*

Представлены первые геохронологические данные, касающиеся изотипного возраста некоторых метаморфитов и магматитов Мзинской платформы, а также некоторые предварительные соображения на основе полученных результатов.

Ключевые слова: геохронологические данные, изотопный возраст, метаморфиты, магматиты, мзинская платформа

Mine. Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

## SOMMAIRE

C.Z. 622.5 : 622.57

Scripăţ, V. *Achèvements et directions dans le domaine de l'économie et du contrôle qualitatif des eaux dans l'industrie minière*

Sont présentés les principaux achèvements dans le domaine de l'économie des eaux de mine et des usines de préparation pour leur épargne et le contrôle de la qualité des eaux. Sont données les directions pour l'accroissement du rendement des installations de l'épuration des eaux résiduaires pour la période des années 1981—1985.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 622.678.5

Csog, A l. *L'application du transport au skip à l'exploitation minière Bălan*

Sont présentées des alternatives de projet pour les travaux de construction minière et des installations électromécaniques des puits verticaux équipés pour le transport au skip.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 622.735

Constantinescu, I. et Sîrbu, R. *Etude cinématique et dynamique du processus de broyage autogène basé sur la théorie du pendule mathématique*

Après une analyse des paramètres cinématiques et dynamiques du processus de broyage autogène, les auteurs déterminent les régimes de fonctionnement pour les deux principaux cas : cascade et cataracte.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 622.01.658.3.018

Zorilescu, D. *Méthodes de rationalisation des capacités de production*

Sont analysées trois méthodes de rationalisation compte tenu des caractéristiques techniques et économiques des gisements (la méthode des alternatives, la méthode du bénéfice total actualisé et la méthode du risque minimal sous le contenu limite moyen). Puis l'auteur présente une méthode d'analyse et optimisation des seuils de la rentabilité des exploitations minières en fonction du moment de leur mise en exploitation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 622.245.622.241.5

Pavel, A. *La résistance élastomécanostatique des colonnes de tubage au grand diamètre (I)*

Sont identifiées les sollicitations des structures tubulaires mixtes similaires aux colonnes de tubage au grand diamètre et on élabore une théorie générale sur la résistance élastomécanostatique respective. On analyse les cas particuliers de la théorie pour des sollicitations de pression uniforme intérieure, extérieure et différentielle.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 622.276 : 622.245.1

Sitaru, C. *Etude comparatife de quelques théories de l'ascension des mélanges polyphasiques dans les colonnes aux conduits verticaux avec un exemple pour les conditions des puits à l'éruption naturelle*

Les auteurs clarifient quelques aspects caractéristiques résultés d'une étude critique des théories actuelles et déterminent le degré d'extraction, les possibilités et les limites d'application dans le cas des puits éruptifs.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

---

C.Z. 552.161/163

Paraschiv, D., Demetrescu, Cr. et Soroiu, M. *Données géochronologiques sur le soubassement métamorphique et de quelques corps magmatiques de la plate-forme moesique*

Sont présentées les premières données géochronologiques sur l'âge isotopique de quelques métamorphites et magmatites de la plate-forme moesique, ainsi que quelques commentaires préliminaires autour des résultats obtenus.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

# INHALT

C.Z. 622.5 : 622.57

Scripăţ, V. *Leistungen und Richtungen im Bereiche der Wirtschaft und Qualitätskontrolle der Wässer in der Bergindustrie*

Die hauptsächliche Leistungen in Bereiche der Wirtschaft der Gruben-und Abwässer hinsichtlich die Einsparung und Qualitätskontrolle der Wässer sind vorgelegt. Die Richtungen für die Steigerung des Wirtsamkeits der Abwässerreinigungsmitteln zum 1981—1985 Zeitraum sind dargelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.678.5

Csog, Al. *Die Anwendung der Skipförderung nach Bălan Erzbergwerk*

Die Entwurfvarianten für die Schachteinbauten und für die elektrische und mechanische Anlangen mit Skipförderung sind examiniert.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.735

Constantinescu, I. und Sîrbu, R. *Das kinetische und dynamische Studium des Selbsmahlungsprozesses aufgrund der mathematischen Pendel Theroie*

Nach einer Analyse der kinetischen und dynamischen Parametern, die Verfassern die hauptsächliche Fahrweisen der Selbsmahlungsanlagen bestimmen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.01 : 658.3.018

Zorilescu, D. *Rationalisierungsvarfahren der Leistungskapazität*

Drei Varfahren im Bereiche der Bergindustrie als Funktion der technischen und wirtschaftlichen Eigenschaften der Lagerstätten (Varianten-, aktualisierte Gesamtgewinn- und Minimalrisikoverfahren) sind analysiert. Eine Analyse- und Optimisierungsverfahren der Rentabilitätsschwellen der Bergwerken als Funktion des Betriebsetzungsmomentes ist dargelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.245 : 622.241.5

Pavel, A. *Der elastisch-mechanisch-statische Widerstand der Grossdurchmesser-Rohrtour (I)*

Die Spannungen der Rohrstrukturen für Grossdurchmesser-Rohrtouren und eine entsprechende allgemeine Theorie der elastisch-mechanisch -statische Widerstand sind bestimmt Die Anwendung, dieser Theorie im Falle der besonderen Spannungen mit einförmige, inner, ausser und differentielle Druck ist ausgeführt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 622.276 : 622.245.1

Sitaru, C. et al. *Vergleichendes Studium einiger Theorien über den Aufstieg der multiphasischen Mischungen in senkrechten Bohrrohren mit ein Beispiel im Falle der Eruptionsonde Bedingungen*

Die Verfessern darstellen einige charakteristische Aspekte für den Aufstieg der multiphasischen Mischungen in der Bohrrohre während der Erdölextraktion. Die Möglichkeiten und die Grenzen der Benützung der Bohrrohre in Übereinstimmung mit dem spezifischen Betriebsweise der Eruptivsonde sind analysiert.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

C.Z. 552.161/163

Paraschiv, D., Demetrescu, Cr. und Soroiu, M. *Geokronologische Ergebnissen über die metamorphische Basis und einiger magmatische Körper von Moesische Bühne*

Die erste geokronologische Ergebnissen über das isotopische Alter einiger Metamorphiten und Magmatiten aus Moesische Bühne wie auch einige Präliminarkommentare über diese Ergebnissen sind dargestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 5, 1982

**Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod. 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.**

**Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informaţia" str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2225**

**Preţul: 13 lei/exemplar**

# Realizări şi orientări în domeniul gospodăririi şi protecţiei calităţii apelor în industria extractivă minieră

Ing. V. Scripăţ, ing. I. Grou, ing. Al. Iaru, ing. St. Popescu

## Introducere

Industria extractivă minieră participă cu o pondere însemnată în activitatea economică a ţării. Datorită specificului proceselor tehnologice care se aplică în extracţia şi prelucrarea substanţelor minerale utile, s-a desfăşurat şi se desfăşoară o amplă activitate în domeniul protecţiei mediului înconjurător.

An de an, corespunzător ritmului accentuat de dezvoltare a industriei extractive miniere, preocupările ministerului şi unităţilor subordonate, privind gospodărirea şi protecţia calităţii apelor, au căpătat un cadru mai larg, dar şi mai concret, avînd în vedere faptul că minele şi uzinele de preparare sînt în contact direct cu principalele componente ale sistemului ecologic natural şi, în special, cu apa şi solul.

Anual se extrag din sol cantităţi masive, de ordinul a 90 mil. tone resurse naturale minerale (cărbune, minereuri de plumb, zinc, cupru, aur, argint, de fier şi mangan, sare, diferite substanţe nemetalifere etc.), din care circa 35 % intră în uzinele de preparare, în care se aplică tehnologii ce necesită importante cantităţi de apă preluate din rîuri sau din captări, la o tonă de substanţă minerală preparată fiind necesari 2 —8 $m^3$, în funcţie de specificul acesteia.

La nivelul anului 1985, cantităţile extrase se vor ridica la circa 170 mil. tone.

Extracţia şi vehicularea acestor însemnate cantităţi de materii solide şi fluide, cu întregul cortegiu de noxe (ape acide şi cu conţinut de suspensii, săruri solubile de metale grele — Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, cianuri etc.), pot fi oricînd surse puternice de poluare, în situaţiile în care nu sînt luate măsurile corespunzătoare de protecţie.

Toate acestea au determinat o amplă activitate în domeniul gospodăririi şi protecţiei calităţii apelor, concretizate în acţiuni şi programe de lucru privind:

- intensificarea cercetărilor în toate cele cinci institute profilate pe probleme de extracţie şi preparare a substanţelor minerale solide (Baia Mare, Deva, Cluj-Napoca, Petroşani, Craiova);
- realizarea de instalaţii pentru epurarea mecano-chimică a apelor industriale provenite din mine;
- realizarea de noi iazuri de decantare a sterilului provenit din extragerea substanţelor utile în uzinele de preparare;
- elaborarea şi punerea în aplicare a unor acte normative interne pentru proiectarea, construirea şi exploatarea iazurilor de decantare a sterilelor; proiectarea, formarea şi controlul hălzilor miniere etc.;
- desemnarea de responsabili sau colective în problema calităţii apelor la toate unităţile industriei extractive care controlează permanent problemele multiple pe care le ridică gospodărirea judicioasă a apelor etc.

## Generalităţi

Din cele două procese tehnologice distincte folosite în industria extractivă minieră, exploatarea substanţelor minerale utile şi înnobilarea acestor substanţe, prin îndepărtarea părţii sterile (prepararea substanţelor minerale utile), rezultă două categorii de ape reziduale:

— ape de mină,

— ape reziduale de la uzinele de preparare.

Apele de mină se colectează, în mod obişnuit în subteran, în bazine, în care se realizează şi o decantare a suspensiilor, bazine amplasate lîngă puţurile de mină, de unde apa se evacuează la suprafaţă prin pompare.

Deseori, apele de mină sînt curate, limpezi şi pot fi deversate direct în cursurile de apă naturale sau pot fi folosite în scopuri tehnologice.

În unele cazuri, apele de mină pot fi impurificate cu substanţe în suspensie (în special unde se lucrează cu rambleu hidraulic). În alte cazuri, în special în minele metalifere în care conţinutul de sulf depăşeşte 2,5 %, apele de mină sînt acide (pH = 2 —4) şi încărcate cu o cantitate apreciabilă de săruri solubile, mai ales sulfaţi de metale grele (Fe, Cu, Zn, Mn etc.).

În procesul de preparare a substanţelor minerale utile, majoritatea procedeelor folosite sînt umede, utilizîndu-se cantităţi importante de apă. În timpul proceselor tehnologice, apele folosite în uzinele de preparare se impurifică, atît cu substanţe minerale insolubile, fin măcinate, cît şi prin dizolvarea unor săruri ce provin din substanţa minerală care se prepară sau din reagenţii folosiţi. În general, impurificatorii dizolvaţi în ape sînt fenoli, cianuri, ditiofosfaţi, ioni de metale grele (Fe, Cu, Mn etc.).

## Realizări obţinute în 1976—1980

1. *Cercetarea tehnico-ştiinţifică*

În planul de cercetare tehnico-ştiinţifică, realizat prin unităţile din subordinea Ministe-

rului Minelor, au figurat 17 lucrări care au fost finalizate în perioada sus-indicată și care au condus la un volum de cheltuieli de circa 23,5 mil. lei.

Dintre acestea se menționează.

● Recircuitarea apelor reziduale din instalațiile de preparare a substanțelor minerale utile; cercetările efectuate au condus, în multe situații, la rezultate favorabile pentru recircularea parțială și care se aplică la unitățile respectve (Barza 40%, Baia de Arieș 60%, Bălan 43%, Certej 26%, Deva 47%, Fundu Moldovei 40%, Tarnița 35%, Rodna peste 90%).

● Tehnologiile de epurare a apelor de mină de la minele de minereuri neferoase, urmare cărora s-au definitivat soluțiile tehnice care au fost preluate în proiectarea și realizarea investițiilor pentru unitățile industriale ce aparțin Centralei minereurilor Baia Mare și Centralei sării și nemetaliferelor ca: Baia Sprie, Herja, Ilba, Rodna, Turț, Suior, Baia Borșa, Cavnic, Nistru și Altîn Tepe; cercetările efectuate au fost realizate în mai multe variante, în funcție de gradul de impurificare al apelor, de posibilitatea cooperării cu unitățile de preparare în vederea neutralizării reciproce și în funcție de posibilitatea recuperării unor metale sub formă de produse cu conținut de metal mai ridicat și posibil de valorificat.

● Epurarea chimică a apelor cu conținut ridicat de ioni $CN^-$ rezultate de la Uzina de preparare Săsar și care au furnizat datele necesare realizării unei stații corespunzătoare; au fost studiate soluțiile tehnice privind neutralizarea cu clorură de var, cu hipoclorit de sodiu sau cu clor gazos.

● Epurarea apelor reziduale provenite din tehnologiile de tratare chimică a unor substanțe nemetalifere (caolin de Parva, feldspat Muntele Rece etc.), cercetarea furnizînd datele necesare realizării obiectivelor industriale.

● Sinteza unor reactivi nepoluanți din materii prime indigene; cercetările experimentale efectuate au condus la elaborarea tehnologiilor nepoluante pentru fabricarea și utilizarea în uzinele de preparare a unor colectori cum sînt: D-150, D-200, xantat izobutilic de sodiu etc., care înlocuiesc reactivii toxici, ca Spelld-1333 phozocrezolul etc., ce aveau un conținut ridicat în fenoli, săruri de amoniu, a acizilor dicrezilditiofosforici compuși ce sînt greu biodegradabil și cu potențial ridicat în poluarea cursurilor de apă.

● Determinarea indicatorilor de impurificare a cursurilor naturale de apă, cu ape provenite din activitatea industriei miniere; lucrarea elaborată a contribuit la furnizarea unor date necesare cercetărilor concrete elaborate pe obiective sau documentațiilor tehnico-economice elaborate pentru menținerea sau dezvoltarea producției la unitățile existente.

● Cercetări pentru stabilirea bilanțurilor de apă tehnologică, în vederea elaborării normelor de consum; lucrările efectuate au servit stabilirii normelor de cerință și consum de apă pentru minereuri și substanțe nemetalifere extrase din subteran, cărbune extras din subteran, minereuri și substanțe nemetalifere prelucrate, precum și cărbune prelucrat, norme avizate și de Consiliul Național al Apelor în sem. I. 1981 și introduse în producție în sem. II. al aceluiași an etc.

2. *Investiții*

Pentru realizarea de noi obiective pentru gospodărirea și protecția calității apelor (inclusiv iazuri de decantare noi, care să asigure continuitatea epurării mecanice a apelor reziduale), pentru completări sau amenajări la instalații existente, în perioada 1976—1980 s-au folosit 562 mil. lei.

Printre obiectivele noi puse în funcțiune se menționează noile iazuri de decantare pentru epurarea apelor reziduale de la uzinele de preparare Teliuc, Cavinc, Flotația centrală Baia Mare, Baia Borșa (decantor 3), Bălan, Băiuț, Tarnița etc., amplificarea iazurilor existente de la Barza și Zlatna, extinderea instalațiilor de decantare și filtre-presă de la Lupeni, realizarea unor noi instalații de epurare a apelor de mină de la Herja, Ilba, Turț etc.

În privința realizării programului aprobat de Consiliul de Miniștri pentru perioada 1976—1980, pentru actuala formă organizatorică a Ministerului Minelor, se menționează că din numărul de 38 sarcini au fost realizate integral, în perioada respectivă, 28 sarcini, 7 au fost începute în perioada planificată din care 2 au fost terminate în 1981, 5 fiind în curs de realizare.

Un număr de 3 sarcini, care se referă la epurarea apelor de la minele de cărbune (Livezeni, Uricani și Bărbăteni) prevăzute în program pentru perioada 1976—1980, urmează a fi începute și finalizate în actualul cincinal.

3. *Exploatarea instalațiilor de epurare*

În industria extractivă a substanțelor minerale solide toate uzinele de preparare au instalații de epurare mecanică a apelor reziduale (iazuri de decantare, decantoare și filtre-presă, decantoare), în care sînt reținute circa 20 mil. tone suspensii pe an.

Pe sectoare de activitate situația acestora se prezintă astfel:

— sectorul cărbune, 6 instalații;
— sectorul minereuri, 35 instalații;
— sectorul substanțe nemetalifere, 11 instalații.

Instalațiile de preparare din sectorul cărbune evacuează ape reziduale conținînd particule de argilă și cărbune (șlamuri argilo-cărbunoase)

Înainte de a fi deversate în emisar, aceste ape reziduale sînt trecute prin instalații de decantare și filtrare (Lupeni și Petrila), iazuri de decantare (Coroești și Căpeni), decantoare (Anina și Voivozi).

Instalațiile de epurare mecanică, în care se realizează decantarea suspensiilor, asigură un grad de epurare cuprins între 90 și 98%. Apele ce se evacuează în emisari mai conțin suspensii care se încadrează, în general, în prevederile STAS 4706. La instalația de la Petrila nu se realizează un grad de epurare corespunzător, motiv pentru care sînt prevăzute, în continuare, cercetări în scopul îmbunătățirii procesului de decantare. De asemenea, în cadrul acțiunii de modernizare a instalațiilor de preparare a cărbunilor din Valea Jiului, în cursul cincinalului 1976—1980, au început lucrări și în domeniul gospodăririi apelor și protecției calității acestora, din care se menționează amplificarea instalațiilor de epurare de la Lupeni (pusă în funcțiune în 1977—1978) sau a celor de la Petrila și Coroești, a căror realizare finală va fi în cincinalul actual.

În sectorul de minereuri, precum și în cel de substanțe nemetalifere, toate instalațiile de preparare care lucrează cu fluxuri tehnologice umede au în funcțiune iazuri de decantare în care se realizează epurarea mecanică a suspensiilor din apele reziduale, precum și o epurare chimică parțială prin oxidarea elementelor nocive în timpul staționării apelor uzate în iaz.

Epurarea mecanică, la o exploatare corespunzătoare a instalațiilor, realizează un grad de epurare foarte ridicat (98—99,5%), în general apele evacuate în emisar încadrîndu-se în prevederile normativelor existente.

În privința noxelor chimice din apele evacuate de la instalațiile de preparare a minereurilor se menționează următoarele.

● Cercetările efectuate de unitățile Ministerului Minelor pentru epurarea apelor reziduale cu conținut de fenoli au condus la concluzia că soluția optimă constă în utilizarea reactivilor nefenolici; în acest sens, în mod curent, se utilizează în producție numai spumanți neionici, reactivi fără toxicitate.

● Pentru eliminarea efectului toxic al cianurilor s-au revăzut tehnologiile de preparare în sensul eliminării sau reducerii consumului pentru încadrarea în prevederile actelor normative (ex. E.M. Baia Sprie, E.M. Cavnic, E.M. Băiuț, etc.); în situațiile în care nu a fost posibilă aplicarea schimbărilor tehnologice (I.M. Baia de Arieș, U.P. Săsar) s-au realizat instatalații de epurare corespunzătoare, la cea de la Săsar fiind încă posibilități de îmbunătățire, posibilități care stau în atenția C.M. Baia Mare și a I.C.P.M.N. Baia Mare.

În activitatea directă de exploatare a instalațiilor de epurare a apelor reziduale din industria extractivă minieră activează anual peste 1000 lucrători, din care minimum 50 cu pregătire superioară și 60 cu pregătire medie. Cheltuielile medii anuale efectuate pentru protecția și supravegherea calității apelor se ridică la circa 140 mil. lei, din care pentru cercetarea științifică circa 4 mil. lei.

4. *Greutăți*

În realizarea acțiunilor privind prevenirea poluării și epurarea fizico-chimică a apelor reziduale provenite din minele și uzinele de preparare a substanțelor minerale utile, se întîmpină încă o serie de dificultăți cauzate de:

— lipsa unei game complete de pompe care să asigure o funcționare de durată și corespunzătoare condițiilor de abrazivitate și aciditate impuse de tehnologiile industriale;

— greutăți în amplasarea iazurilor de decantare, datorate reliefului zonelor industriale și altor condiții locale, precum și în obținerea avizelor;

— greutăți în aplicarea procedeelor complexe de epurare chimică datorate prețului de cost ridicat al operațiilor și a reactivilor, precum și în asigurarea cantităților necesare din țară (ex.: var, hipoclorit de sodiu etc.) și la calitatea corespunzătoare obținerii unei eficiențe maxime;

— lipsa unei game corespunzătoare de dispozitive sau aparate de măsură și control a debitelor din alimentarea obiectivelor industriale cu apă tehnologică sau a evacuărilor de ape uzate și epurate;

— lipsa, la nivel de producție industrială, a unor dispozitive sau instalații pentru controlul automat a unor parametri de bază în instalațiile de epurare (suspensii, cianuri etc.);

— preocupări, încă insuficiente, privind posibilitățile de valorificare și în alte sectoare economice, a reziduurilor provenite din instalațiile de epurare a apelor de mină sau a celor din instalațiile de preparare (ex. sterilele din iazurile de la unitățile de minereuri, șlamurile argilo-cărbunoase rezultate din instalațiile de epurare din Valea Jiului, nămolurile rezultate din epurarea chimică a unor ape provenite din minele de minereuri etc.).

## Principalele sarcini ce revin în perioada 1981—1985

Sarcinile principale ce revin industriei extractive miniere în cincinalul actual, precum și în perioada imediat următoare constau, în principal, (conform și programului aprobat în ian. 1982 de Consiliul de Miniștri privind îmbunătățirea activității în domeniul gospodăririi apelor și a planului de măsuri detaliat de Ministerul Minelor ca urmare a programului respectiv, a programului de realizare ori completare a stațiilor și instalațiilor de epurare a apelor

uzate, pe perioada 1981 —1990 —elaborat împreună cu C.N.A. pentru încadrarea în prevederile Decretului nr. 414/1980), în:

- Realizarea unui important volum de investiţii necesar amplificării instalaţiilor de epurare mecanică a apelor reziduale ce părăsesc instalaţiile de preparare a substanţelor minerale solide sau crearea de noi instalaţii (iazuri de decantare, staţii de epurare chimică prin care să se realizeze corelarea capacităţilor de depozitare cu sarcinile de producţie, în scopul asigurării unei continuităţi necesare păstrării permanente a unui grad de epurare ridicat 98 —99,5 % şi încadrării apei limpezite în prevederile actelor normative existente; realizarea de iazuri de decantare de dimensiuni foarte mari şi pe amplasamente deosebite pentru noile obiective ce urmează a fi date în folosinţă — minereuri cuprifere sărace de la Roşia Poieni, Moldova Nouă, sulf Munţii Călimani etc.); volumul total de investiţii pe cincinalul 1981 —1985 se ridică la circa. 2000 mil. lei din care circa. 1200 mil. lei numai pentru iazurile de mare capacitate de la Roşia Poieni, Moldova Nouă şi Baia Borşa.
- Atingerea parametrilor proiectaţi la primele staţii experimentale de epurare chimică a apelor acide provenite din minele de minereuri neferoase de la C.M. Baia Mare şi construirea altora, în special la unităţile aparţinînd Centralei minereurilor Deva.
- Extinderea recirculării apelor limpezite în iazurile de decantare, prin realizarea de instalaţii corespunzătoare sau mărirea capacităţii instalaţiilor existente, însă numai în situaţiile în care nu sînt necesare deosebite consumuri energetice suplimentare.
- Dotarea tuturor instalaţiilor de alimentare cu apă sau de evacuare în emisari a apelor epurate, cu aparate de măsură şi control.
- Urmărirea permanentă a normelor de cerinţă şi consum de apă, introduse în activitatea de producţie încă din anul 1981, în scopul reducerii continue a acestora, a evitării risipei şi, implicit, a reducerii cheltuielilor materiale.
- Eliminarea sau reducerea la minimum necesar a consumului de apă potabilă în tehnologiile industriale de valorificare a substanţelor minerale solide.
- Intensificarea ritmului de realizare şi de punere în funcţiune, la termenele planificate şi la parametrii proiectaţi, a instalaţiilor de epurare a apelor uzate: se va urmări, de asemenea, ca promovarea noilor lucrări de alimentare cu apă sau dezvoltarea celor existente să se facă numai cu condiţia promovării concomitente şi a instalaţiilor de epurare a apelor uzate.
- Continua prefecţionare a pregătirii profesionale a lucrătorilor ce activează în domeniul gospodăririi şi protecţiei calităţii apelor, cointeresarea materială a acestora şi prin perfecţionarea sistemului de introducere a indicilor de calitate ai apelor epurate ca indicatori de plan.
- Creşterea exigenţei şi fermităţii în luarea de măsuri hotărîte de tragere la răspundere a celor vinovaţi de nerespectarea dispoziţiilor legale vizînd gospodărirea apelor etc.

★

Ritmul accentuat de dezvoltare a industriei extractive miniere, pe parcursul actualului cincinal şi după anul 1985, va ridica desigur noi probleme în domeniul gospodăririi şi protecţiei calităţii apelor.

Considerăm că printr-o activitate susţinută a specialiştilor din institutele de cercetare-proiectare, din unităţile de construcţii-montaj şi cele de producţie ale ministerului nostru, prin realizarea în mai bune condiţiuni a programelor prevăzute, se va îmbunătăţi şi mai mult gradul de protecţie a mediului înconjurător, în conformitate cu sarcinile trasate prin programul adoptat la cel de-al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român.

# Introducerea transportului cu schip pentru extragerea minereului la Întreprinderea minieră Bălan

Dr. ing. **Al Csog** ICITPLCIM Deva
ing. **A. Rácz** director I. M. Bălan
ing. **Şt. Benczе** director adj. I.M. Bălan
ing. **Tr. Avram** ICITPLCIM Deva

## I. Generalităţi

Procesul tehnologic de extragere a substanţei minerale utile din subteran este compus din două operaţii principale :

— procesul de dislocare a substanţei minerale din masiv ;
— procesul de încărcare şi transport în abataje, prin galerii, planuri înclinate, puţuri de extracţie şi, în continuare, pînă la uzina de preparare.

Nivelul tehnic într-o exploatare minieră este determinat, în esenţă, de modul în care se execută aceste două operaţii principale ale procesului tehnologic.

Creşterea nivelului tehnic al transportului are influenţă directă, nu numai asupra indicatorilor tehnico-economici realizaţi la transport, ci şi asupra lucrului în abataje, deoarece în multe cazuri întreruperea lucrului în abataje se datoreşte funcţionării defectuoase a transportului.

## II. Alegera soluţiei de transport

**1.** La Întreprinderea minieră Bălan, datorită epuizării treptate a rezervelor de minereu de la orizonturile superioare, în viitorul apropiat majoritatea producţiei va fi extrasă din subteran prin puţuri verticale. În vederea sporirii capacităii de transport a acestor puţuri, prin care urmează să fie extras şi sterilul rezultat de la deschiderea şi cercetarea orizonturilor inferioare, a devenit necesară folosirea schipurilor ca mijloc de transport pentru minereu, iar coliviile vor servi pentru transport personal, evacuare steril şi aprovizionare cu materiale.

Transportul cu schip se utilizează în mod curent în industria carboniferă, însă în transportul minereurilor, pînă în prezent, nu s-a practicat la noi în ţară.

Deosebirile esenţiale între cărbune şi minereuri privind proprietăţile fizico-mecanice au influenţat construcţia schipului şi a instalaţiilor de încărcare-descărcare.

**2.** În scopul aplicării unei soluţii economice şi cu maximum de siguranţă în exploatare a fost necesară analizarea mai multor variante de transport şi elucidarea anumitor probleme tehnice din care prezentăm următoarele.

**a.** Posibilitatea transportării pe bandă cu lăţimea de 800 mm şi în continuare încărcarea în schip a minereului la dimensiunile care rezultă din abataje, ştiind că la gura rostogoalelor sînt fixate grătare cu ochiuri de 30 ×30 cm, sau în prealabil necesită o concasare.

În acest sens, practica minieră a arătat că deşi deasupra rostogoalelor sînt montate grătare, totuşi în vagonete se găsesc bucăţi de minereu, care ar putea îngreuia transportul pe bandă şi chiar ar bloca gura de golire a schipului.

Pentru a elimina acest pericol, în proiect s-a prevăzut concasarea prealabilă a minereului la dimensiuni sub 12 cm, considerînd că este mai avantajoasă sfărîmarea mecanizată a minereului, decît obligarea echipelor din abataje la executarea acestei operaţii în mod manual (folosind barosul) care, implicit, ar duce la scăderea productivităţii muncii.

La prima instalaţie de acest gen (pusă în funcţiune) s-a renunţat la concasarea minereului datorită faptului că minereul din zona ce urmează să fie exploatată este mai sfărîmicios. Urmează ca practica să ne demonstreze necesitatea sau renunţarea la concasare.

**b.** A doua problemă care urma să fie soluţionată a prezentat-o rostogolul în care se colectează minereul înainte de a fi încărcat în schip. Acesta se poate construi în poziţie verticală (fig. 1) sau înclinată (fig. 2), fiecare dintre aceste

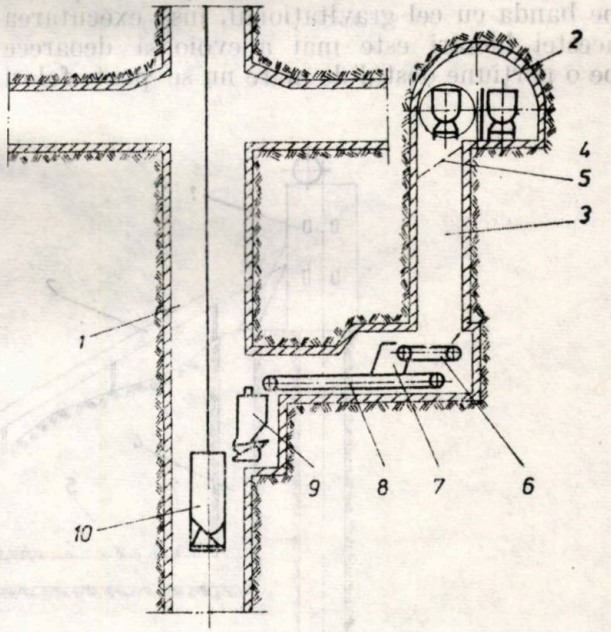



Fig. 1. Instalaţie de încărcare în schip cu rostogol vertical : *1* — puţ de extracţie ; *2* — galerie de transport ; *3* — rostogol ; *4* — culbutor ; *5* — grătar ; *6* — alimentator cu plăci ; *7* — jgheab repartizor ; *8* — transportor cu bandă ; *9* — buncăr dozator ; *10* — schip.

variante prezentînd unele avantaje privind volumul lucrărilor de investiții, siguranța în transport, precum și cheltuielile ulterioare de exploatare.

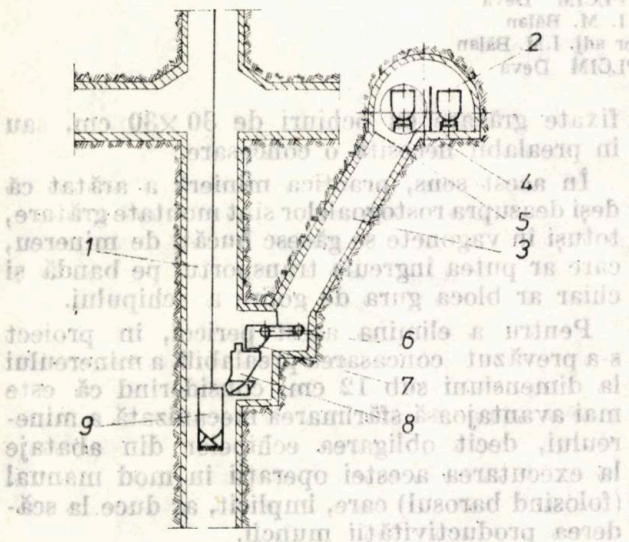



Fig. 2. Instalație de încărcare în schip cu rostogol înclinat :
*1* — puț de extracție ; *2* — galerie de transport ; *3* — rostogol înclinat ; *4* — culbutor ; *5* — grătar ; *6* — alimentator cu plăci ; *7* — jgheab repartizor ; *8* — buncăr dozator ; *9* — schip.

În poziție verticală este necesară executarea, la baza rostogolului, a unei galerii, prin care minereul se transportă cu banda, pînă la buncărul dozator pentru schip, precum și montarea a două benzi de transport, care ulterior vor necesita un consum de energie și posturi pentru supravegherea și întreținerea acestora.

În poziție înclinată se înlocuiește transportul pe banda cu cel gravitațional, însă executarea acestei lucrări este mai anevoioasă deoarece pe o porțiune destul de mare nu se poate folosi explozivul pentru dislocarea rocilor, aceasta pentru a nu afecta susținerea puțului.

Marele pericol pe care-l poate prezenta această variantă este că minereul fiind umed, uneori se prezintă sub formă de masă lipicioasă și poate înfunda rostogolul.

Comparînd cele două variante s-a ales cea cu rostogol vertical, aceasta prezentînd mai multă siguranță în transport.

**c.** A treia problemă care urmează să fie soluționată este transportul minereului după descărcarea din schip pînă la uzina de preparare, care este situată la o distanță de circa 450 m pe orizontală și la o cotă mai joasă, cu circa 80 m față de punctul de descărcare din schip.

În această situație s-ar fi putut folosi cu succes transportul cu bandă, care ar fi necesitat un consum minim de energie datorită înclinării transportorului. Înclinarea de circa 11° creează posibilitatea rostogolirii bulgărilor mai mari de minereu în cazul cînd transportorul se oprește brusc.

Fenomenul de rostogolire depinde de mai mulți factori între care : forma și mărimea bucăților de minereu, umiditatea lor, procentul de material mărunt etc., factori care nu au valori constante. Această soluție s-a comparat cu transportul gravitațional printr-un rostogol colector avînd înălțimea de 76 m și în continuare printr-o galerie existentă pînă la uzina de preparare (fig. 3).

Atît ca valoare de investiție, consum de metal, cît și ca siguranță în exploatare, varianta a doua (prin rostogol colector) a reieșit a fi mai avantajoasă. Ea a prezentat și posibilitatea stocării, înaintea silozurilor de la uzina de preparare, a unei cantități de circa 900 t de minereu.

**d.** La alegerea schipului s-a avut în vedere faptul că instalația de extracție respectivă s-a

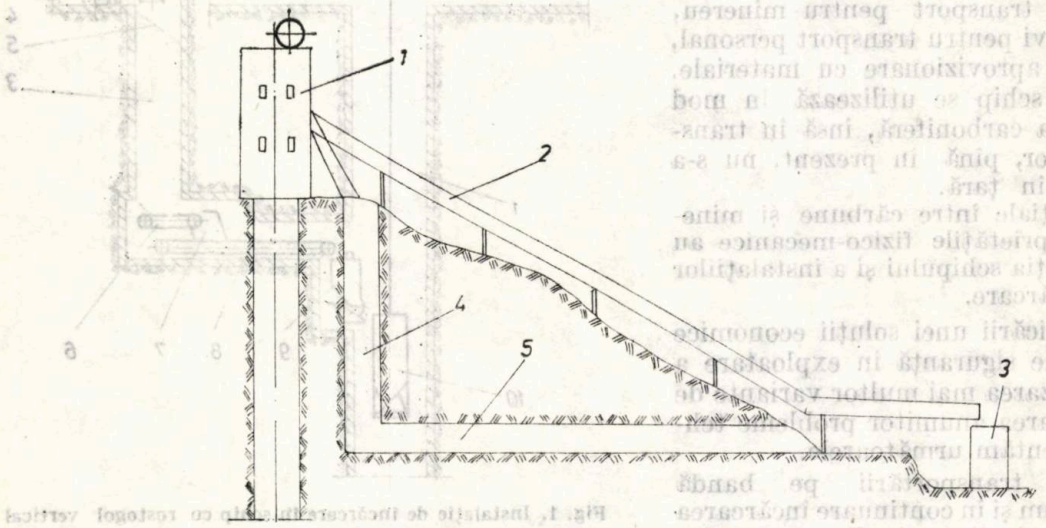



Fig. 3. Variante de transport de la puț la uzina de preparare :
*1* — turn de extracție ; *2* — culoar de bandă ; *3* — silozuri la uzina de preparare ; *4* — rostogol vertical ; *5* — galerie de transport (existentă).

amenajat în lucrări miniere existente și trebuia să se execute lucrări cît mai puține și în condiții de exploatare a instalațiilor existente.

Aceste considerente au condus la alegerea unui schip nebasculant cu descă care pe la fund, care prezintă avantajul că exercită sarcini dinamice mai mici asupra turnului de extracție și a schipului. Greutatea proprie mai mică a schipului creează condiții de creștere a utilului, iar curbele de descărcare, fiind mai scurte, nu ies din gabaritul puțului. Soluția aleasă necesită un timp de descărcare mai mic, iar lucrările de construcții la punctul de descărcare sînt mai reduse.

e. O altă problemă de rezolvat a fost construcția buncărelor dozatoare. Pentru ca minereul să nu se lipească de pereți sau de vana de deschidere, s-au ales unghiuri de înclinare mai mari de 65° pentru toate elementele buncărelor dozatoare, fapt ce a condus la o construcție foarte alungită (fig. 4).

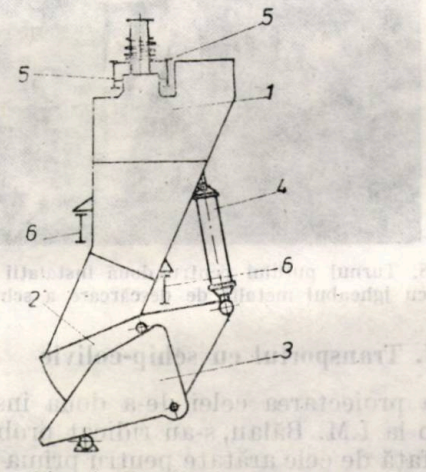



Fig. 4. Buncăr dozator:

*1* — corpul dozatorului; *2* — sector de închidere; *3* — jgheab de conducere; *4* — cilindru de acționare a vanei de deschidere; *5* — grinzi de susținere; *6* — grinzi de siguranță.

## III. Descrierea fluxului și a instalației de transport

Vagonetele cu minereu se descarcă pe un grătar înclinat, construit din șină de cale ferată cu talpa în sus, care este fixat la gura rostogolului colector.

În partea inferioară a rostogolului este montat un alimentator cu plăci metalice și prin intermediul unor jgheaburi minereul este încărcat — alternativ — pe două benzi de transport, avînd fiecare lățimea de 800 mm (fig. 6).

Benzile varsă minereul în buncărele dozatoare ale schipurilor, acestea fiind așezate în imediata apropiere a puțului.

Prin vana de deschidere, formată din sector circular de închidere și jgheab de deversare (fig. 4), minereul trece din buncăre în schip.

S-a ales acest sistem cu jgheab de conducere pentru a se evita căderea de minereu în puț.

Tot pentru aceasta s-a prevăzut și un blocaj electropneumatic care nu permite deschiderea gurii de deversare a dozatorului decît atunci cînd schipul se află la poziția de încărcare.

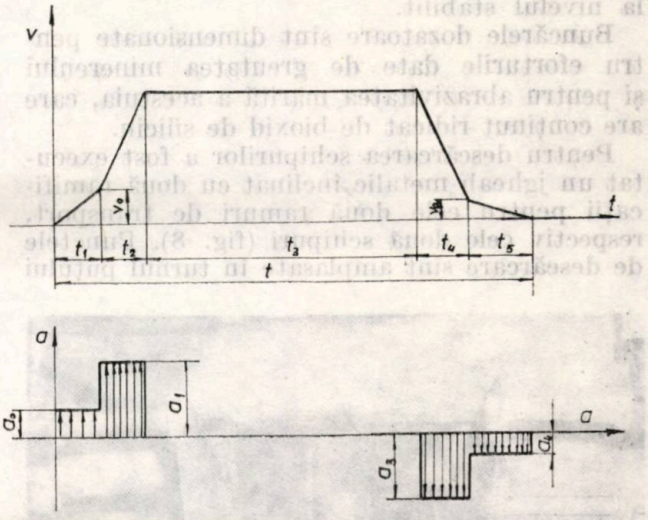



Fig. 5. Diagrama vitezelor în cinci perioade folosită la instalația de extracție cu schip de la puțul central:

$t_1$ — timpul de ieșire a schipului de pe curbele de descărcare; $t_2$ — timpul de mers în regim accelerat; $t_3$ — timpul de funcționare în regim de viteză maximă constantă; $t_4$ — timpul de funcționare în regim de decelerare; $t_5$ — timpul de funcționare în regim de decelerare cînd schipul se află pe curbele de descărcare

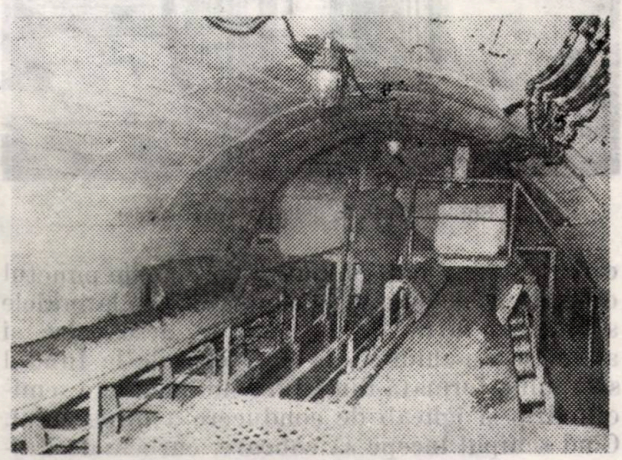


Fig. 6. Alimentator cu plăci și transportoare cu bandă de cauciuc

Pentru evitarea avariilor s-a prevăzut un blocaj electric care permite pornirea mașinii de extracție numai atunci cînd dozatorul este închis, respectiv jgheabul de conducere retras din secțiunea puțului.

Dozarea minereului în buncărele dozatoare, la capacitatea schipurilor de 4,8 t, este asigurată prin oprirea benzii de transport și a alimentatorului cu plăci, cînd în dozator a fost încărcată cantitatea respectivă de minereu. Controlul dozajului se realizează gravimetric și volumetric. Pentru aceasta buncărele dozatoare sînt suspendate de grinzi cu ajutorul a patru arcuri, astfel dimensionate, încît la încărcătura de 4,8 t să se comprime cu circa 30 mm și să acționeze

un limitator, care oprește transportorul cu bandă. Acest dozaj gravimetric este dublat de un dozaj volumetric, prin montarea unui traductor de nivel, care comandă oprirea transportorului cu bandă cînd minereul s-a ridicat la nivelul stabilit.

Buncărele dozatoare sînt dimensionate pentru eforturile date de greutatea minereului și pentru abrazivitatea mărită a acestuia, care are conținut ridicat de bioxid de siliciu.

Pentru descărcarea schipurilor a fost executat un jgheab metalic înclinat cu două ramificații pentru cele două ramuri de transport, respectiv cele două schipuri (fig. 8). Punctele de descărcare sînt amplasate în turnul puțului

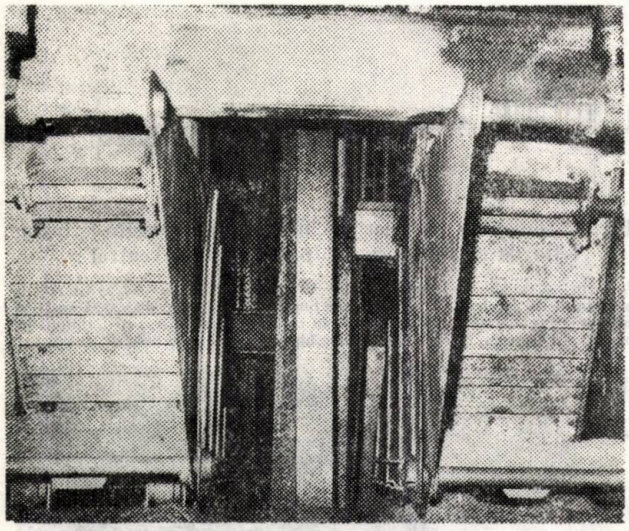


Fig. 7. Vane de golire a dozatoarelor

de extracție. Cînd schipul se apropie de punctul de golire, cele două role, amplasate pe lateralele schipului, intră în curbele de descărcare și astfel se deschide vana de golire de la fundul schipului, formată din sector de închidere semicilindric și jgheab de conducere a minereului. Cînd schipul începe să coboare, curbele de descărcare comandă închiderea vanei de golire. Pentru a se evita căderile de minereu pe puț și blocarea schipului, la rampa de descărcare au fost prevăzute traductoare de nivel pentru minereu în cele două ramuri ale jgheabului de descărcare, ce semnalizează la mașina de extracție, cînd jgheabul este plin cu minereu.

Instalația de extracție cu schip, pusă în funcțiune, este antrenată de o mașină de extracție de tipul 2 T—3×1,5, avînd $S_{max}$ = 14 000 kg, viteza 6,5 m/s, echipată cu motor de 500 kW la 6 kW. Această mașină a fost comandată pentru a lucra cu colivii, dar cu acceptul furnizorului i-a fost schimbată destinația pentru a lucra cu două schipuri, avînd sarcina utilă de 4 800 kg și cabluri de 37 mm.

Funcționînd pe o diagramă a vitezelor, nesimetrică, liniară, în cinci perioade (fig. 5), la o adîncime de 500 m, asigură capacitatea de 2 000 t/zi cu 18 ore lucru/zi, capacitate necesară pentru zona de exploatare aferentă.

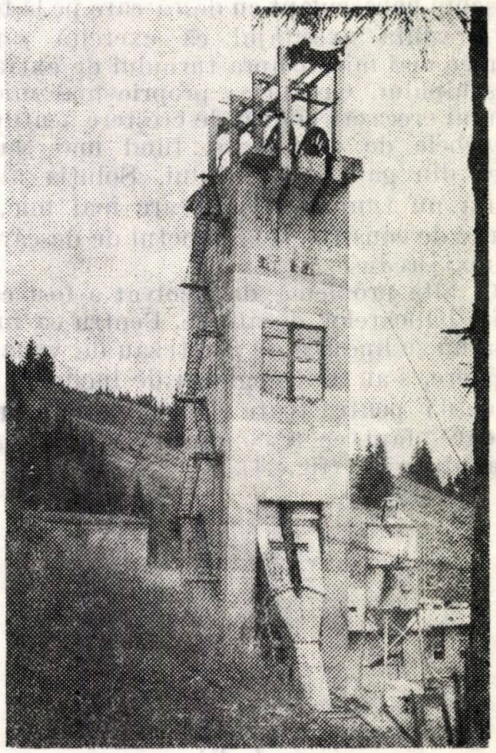


Fig. 8. Turnul puțului pentru două instalații de extracție cu jgheabul metalic de descărcare a schipurilor

## IV. Transportul cu schip-colivie

La proiectarea celei de-a doua instalație cu schip la I.M. Bălan, s-au ridicat probleme diferite față de cele arătate pentru prima instalație. La acest sector a existat un singur puț PB — 4,0 cu diametrul de 4 m, care are legătura printr-un tunel cu uzinele de preparare și prin care va trebui extras 1 mil. tone minereu pe an.

Profilul redus al puțului nu a permis așezarea cap la cap a două vagonete pe același nivel și realizarea extracției cu patru vagonete pe colivie, cu care s-ar fi mărit timpii de staționare și manevră a coliviilor la încărcare-descărcare. Această situație a condus la folosirea schipului pentru extracția și prin acest puț, carede servește și transportul de personal și materiale, ceea ce a necesitat proiectarea unui schip-colivie cu două etaje.

Acționarea instalației de extracție cu schipuri-colivie se realizează cu mașina de extracție multicablu tip MK 3,25 ×4. La această instalație, care este în curs de realizare, s-a prevăzut concasarea minereului în subteran.

*

Instalațiile au fost astfel concepute încît să permită automatizarea extracției pe puț cu supravegherea prin televiziune cu circuit închis.

După o perioadă de exploatare a celor două instalații, se vor putea definitiva soluțiile de automatizare, precum și oportunitatea concasării minereului înainte de a fi încărcat în schip.

Ținem să subliniem faptul că prima instalație care a fost pusă în funcțiune în luna mai 1981 funcționează bine și astfel problema spinoasă a extracției minereului la mina respectivă s-a rezolvat cu succes, creînd posibilitatea coliviei să fie folosită la extracția sterilului de la lucrările de deschidere și cercetare geologică. Prin asigurarea condițiilor pentru accelerarea acestor lucrări și a deschiderii noilor locuri de muncă active, complexul extracție-transport de la puțul central răspunde afirmativ la toate funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească.

# Studiul cinematic și dinamic al procesului de măcinare autogenă pe baza teoriei pendulului matematic

Prof. dr. doc. ing. **I. Constantinescu**
asist. ing. **R. Sârbu**
Institutul de Mine Petroșani

Măcinarea autogenă este din ce în ce mai frecvent utilizată în practica industrială, înlocuind cu succes, în operațiile de mărunțire, sfărîmarea în concasoare și măcinarea în mori cu bare sau bile.

Prin măcinare autogenă se realizează mărunțirea substanțelor minerale utile, pe cale umedă sau uscată, în mori de construcție specială, cu ajutorul corpurilor de măcinare constituite din însăși substanța minerală supusă procesului de mărunțire.

Caracteristica principală a morilor autogene o constituie raportul dintre diametrul și lungimea tamburului de măcinare $D/L$, care este cuprins între 2/1 și 4/1. În ultimul timp însă, au fost introduse în practică mori autogene primare cu diametrul de 6 și 7 m, dar cu raportul $D/L$ de numai 1,1 —1,5, acesta avînd avantajul unui volum de măcinare mai mare și a unei uzuri de căptușeală mai reduse.

Măcinarea autogenă, față de operațiile clasice de sfărîmare și măcinare, oferă următoarele avantaje: simplificarea schemelor sau chiar eliminarea operațiilor de sfărîmare-clasare; dezasocierea mai completă a mineralelor din minereu; supramăcinarea limitată; impurificarea redusă cu fier a produsului măcinat; costuri de exploatare mai reduse ș.a.

În moara autogenă, în zona de cădere în cataractă (fig. 1), forma principală de sfărîmare este impactul combinat cu compresiunea și degajarea bruscă și succesivă, iar forma principală de măcinare este abraziunea cauzată de rotirea și frecarea granulelor între ele, în zona de cădere în cascadă.

Procesul de măcinare și trecerea granulelor minerale prin diferite stări de măcinare se poate face prin studiul mișcării pendulului matematic simplu.

Se consideră un bulgăre de minereu aflat în interiorul unui cilindru și care este antrenat datorită prezenței frecării. Într-adevăr, în lipsa frecării bulgărele s-ar afla în echilibru pe partea inferioară a cilindrului [3].

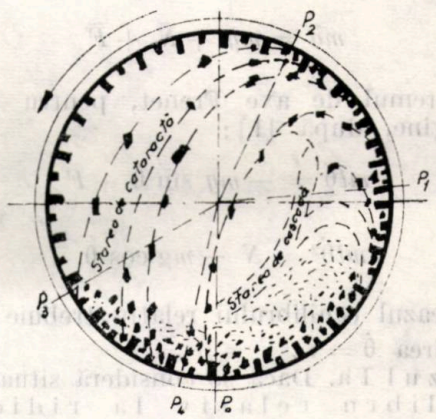



Fig. 1

Prin urmare, bulgărele de minereu $P$, presupus de masă $m$, este supus la o legătură unilaterală dată de suprafața cilindrică a morii avînd raza $l$. Această suprafață se rotește cu viteza unghiulară constantă $\omega$ în jurul axei sale orizontale $O$. Coeficientul de frecare la alunecare între bulgăre și cilindru este $\mu = \operatorname{tg} \varphi$. În studiul funcționării morilor cilindrice se mai introduce coeficientul $k = \frac{l\omega^2}{g}$ ce caracterizează regimul cinematic de mișcare.

După cum se constată, spre deosebire de pendulul matematic, aici legătura nu este ideală și astfel prin intermediul frecării mișcarea de

rotație se transmite bulgărului de minereu. Datorită caracteristicilor forței de frecare mișcarea este mai complexă și cuprinde mai multe faze [3]. În figura 2 *a* se arată un ciclu complet format din faza de alunecare înapoi $P_1P_2$, faza de aruncare liberă $P_2P_3$, faza de alunecare înainte $P_3P_4$ și faza de repaus relativ $P_4P_1$ [3].

Fie $\theta$ unghiul pe care raza $OP$ îl face cu verticala (fig. 2 *b*). În cazul cînd bulgărele este pe cilindru, forța de frecare dintre bulgăre și

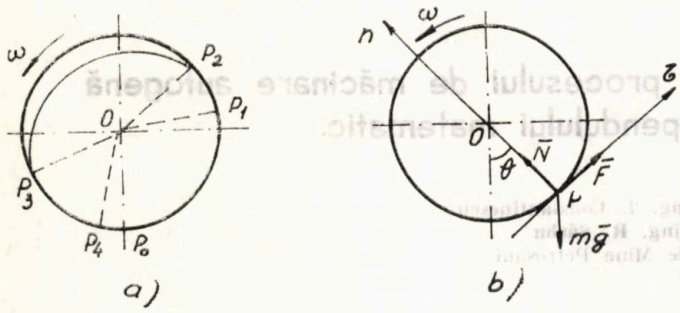



Fig. 2

cilindru va avea valoarea maximă $\mu N$, unde $\mu = \text{tg}\,\varphi$.

Proiectînd ecuația vectorială a mișcării bulgărului:

$$m\bar{a} = m\bar{g} + \bar{N} + \bar{F}$$

pe sistemul de axe Frenet, pentru $\dot{\theta} = \omega$, se obține, după [1]:

$$\begin{aligned} ml\ddot{\theta} &= -mg\sin\theta + F \\ ml\dot{\theta}^2 &= N - mg\cos\theta \end{aligned} \qquad (1)$$

În cazul echilibrului relativ trebuie făcută înlocuirea $\dot{\theta} = \omega$.

Cazul I a. Dacă se consideră situațiile de echilibru relativ la ridicarea bulgărului, cînd are tendința de a aluneca înapoi (porțiunea $P_0P_1$ de pe fig. 2 *a*), atunci forța de frecare $F$ este în sensul pozitiv al tangentei (fig. 2 *b*). Se vor folosi în studiu tot ecuațiile (1), presupunînd $0 \leqslant \theta \leqslant \pi$, cu precizarea că forța de frecare $F$ nu are valoarea maximă, adică $F \leqslant N\ \text{tg}\,\varphi$. Cu aceste considerații, prin particularizarea ecuațiilor (1) ale echilibrului relativ, rezultă:

$$N = mg(k + \cos\theta)$$

și:

$$F = mg\sin\theta$$

Deoarece, așa cum s-a arătat, $F \leqslant N\ \text{tg}\,\varphi$, se poate scrie:

$$\sin\theta \leqslant \text{tg}\,\varphi(k + \cos\theta)$$

Din această inegalitate se deduce:

$$k\sin\varphi \geqslant \sin(\theta - \varphi) \qquad (2)$$

Limitele acestei faze de echilibru relativ vor fi determinate din condiția:

$$\sin(\theta_1 - \varphi) = k\sin\varphi \qquad (3)$$

de unde, pentru $0 \leqslant \theta_1 \leqslant \pi$, corespund soluțiile:

$$\theta_1' = \varphi + \arcsin(k\sin\varphi) \qquad (4)$$

și:

$$\theta_1'' = \varphi + \pi - \arcsin(k\sin\varphi) = \pi + 2\varphi - \theta_1' \qquad (5)$$

Evident inegalitatea (2) este verificată pentru $0 \leqslant \theta \leqslant \theta_1'$ și $\theta_1'' \leqslant \theta \leqslant \varphi$. Este însă ușor de verificat că soluția (5) nu are sens fizic și deci în intervalul $\theta_1'' \leqslant \theta \leqslant \pi$ nu există echilibru relativ.

Dealtfel, pentru $k \to 0$ din (4) și (5) rezultă $\theta_1' = \varphi$ și $\theta_1'' = \varphi + \pi$, ultima nefiind posibilă deoarece întrece valoarea $\pi$.

Mai trebuie arătat că ecuația (3) are rădăcini numai atunci cînd se verifică inegalitatea:

$$k\sin\varphi \leqslant 1$$

ceea ce arată că $\sin(\theta_1 - \varphi)$ este subunitar. Valoarea limită $k_l$, obținută în cazul egalității, are valoarea:

$$k_l = \frac{1}{\sin\varphi} = \sqrt{1 + \frac{1}{\mu^2}}$$

și îi corespunde unghiul:

$$\theta_1' = \varphi + \frac{\pi}{2}$$

Deci faza echilibrului relativ nu se poate prelungi niciodată pe toată semicircu ferința $0 \leqslant \theta \leqslant \pi$.

Cazul I b. Pentru echilibrul relativ la coborîrea bulgărului cu tendința de a aluneca înainte se procedează în același mod. Această situație poate avea loc numai pentru $\pi \leqslant \theta \leqslant 2\pi$. Față de cazul anterior, forța de frecare este de sens opus, prin urmare în această situație forța de frecare trebuie luată cu semn schimbat. Astfel, inegalitatea (2) devine:

$$k\sin\varphi \leqslant -\sin(\theta + \varphi)$$

Ecuația corespunzătoare:

$$\sin(\theta + \varphi) = -k\sin\varphi \qquad (6)$$

are rădăcinile:

$$\theta' = -\varphi - \arcsin(k\sin\varphi)$$

și:

$$\theta'' = \pi - \varphi + \arcsin(k\sin\varphi) = \pi - 2\varphi - \theta'$$

Echilibrul relativ ar putea avea loc în intervalele $\theta' \leqslant \theta \leqslant 0$ și $\pi \leqslant \theta \leqslant \theta''$. După cum s-a mai arătat, și aici echilibrul este posibil numai pe intervalul $\theta' \leqslant \theta \leqslant 0$. Deoarece în această situație bulgărele ajunge după o succesiune de faze ale mișcării, delimitarea pozițiilor de echilibru se va putea face numai din studiul mișcării.

Cazul II. Faza mișcării de alunecare înapoi la ridicarea bulgărelui ($0 < \theta < \pi'$) este arătată în figura 2 *a*, prin arcul $P_1P_2$. În această fază, deoarece $\omega > \dot{\theta}$, forța de frecare va fi $F = N\text{tg}\,\varphi$. Astfel, din a doua ecuație diferențială (1) rezultă, după [1], :

$$N = m(l\dot{\theta}^2 + g\cos\theta) \tag{7}$$

și :

$$F = N\,\text{tg}\,\varphi = m\,\text{tg}\,\varphi(l\dot{\theta}^2 + g\cos\theta) \tag{8}$$

Dacă expresia forței de frecare $F$ se înlocuiește în prima ecuație (1), se obține :

$$\ddot{\theta} - \dot{\theta}^2\,\text{tg}\,\varphi = \frac{g}{l}(-\sin\theta + \text{tg}\,\varphi\cos\theta) \tag{9}$$

După transformarea membrului drept această ecuație se mai poate scrie, după 3], :

$$\ddot{\theta} - \dot{\theta}^2\,\text{tg}\,\varphi = \frac{g}{l}(-\sin\theta + \text{tg}\,\varphi\cos\theta)$$

Ecuația diferențială (9) se poate aduce la forma :

$$\frac{du}{d\theta} - 2u\,\text{tg}\,\varphi = -2\frac{g}{l}\frac{\sin(\theta-\varphi)}{\cos\varphi} \tag{10}$$

$$(u = \dot{\theta}^2)$$

Cu ajutorul unghiului $\varepsilon$, dat de ecuația $\text{tg}\,\varepsilon = 2\,\text{tg}\,\varphi$, soluția ecuației diferențiale (10) se poate pune sub forma :

$$\dot{\theta}^2 = Ce^{2\theta\,\text{tg}\,\varphi} + \frac{2g\cos\varepsilon}{\cos\varphi}\cos(\theta - \varphi - \varepsilon) \tag{11}$$

Introducînd condițiile de la sfîrșitul fazei de echilibru relativ $\theta = \theta_1 = \theta_1'$ și $\dot{\theta} = \omega$, corespunzătoare poziției $P_1$ din figura 2 *a*, în soluția (11) se găsește constanta de integrare :

$$C = \left[\omega^2 - \frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\sin(\theta_1 - \varphi - \varepsilon)\right]e^{-2\theta_1\text{tg}\,\varphi}$$

După înlocuirea expresiei găsite pentru $C$ în soluția (11), rezultă :

$$\dot{\theta}^2 = \left[\omega^2 - \frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\cos(\theta_1 - \varphi - \varepsilon)\right]e^{2(\theta-\theta_1)\text{tg}\,\varphi} + \frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\cdot\cos(\theta - \varphi - \varepsilon) \tag{12}$$

Sfîrșitul acestei faze corespunde poziției $P_2$, unde are loc desprinderea bulgărelui de pe cilindru, deci cînd $N = 0$. Din expresia (7) a lui $N$, viteza unghiulară $\omega_2$ a bulgărelui la desprindere va fi dată de relația :

$$\omega_2^2 = -\frac{g}{l}\cos\theta_2 \tag{13}$$

După calcule simple se obține :

$$\omega_2^2 - \frac{2g\cos\varepsilon}{\cos\varphi}\cos(\theta_2 - \varphi - \varepsilon) = -$$

$$-\frac{g}{l}\{\cos\theta_2 + 2\cos\varepsilon[\cos(\theta_2 - \varepsilon) +$$

$$+\,\text{tg}\,\varphi\sin(\theta_2 - \varepsilon)]\} = -\frac{g}{l}\{\cos[(\theta_2 - \varepsilon) + \varepsilon] +$$

$$+ 2\cos\varepsilon\cos(\theta_2 - \varepsilon) + \sin\varepsilon\sin(\theta_2 - \varepsilon)\} =$$

$$= -\frac{3g}{l}\cos\varepsilon\cos(\theta_2 - \varepsilon)$$

Pe de altă parte, cu ajutorul rădăcinii (4), se mai găsește :

$$\omega^2 - \frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\cos(\theta_1 - \varphi - \varepsilon) =$$

$$= \frac{g}{l}\left\{k - \frac{2\cos\varepsilon}{\cos\varphi}\cos[\text{arc}\sin(k\sin\varphi) - \varepsilon]\right\} =$$

$$= \frac{g}{l}\left(k - \frac{2\cos^2\varepsilon}{\cos\varphi}\sqrt{1 - k^2\sin^2\varphi} - k\sin^2\varepsilon\right) =$$

$$= \frac{g\cos^2\varepsilon}{l}[k - 2\sqrt{1 + (1 - k^2)\,\text{tg}^2\,\varphi}]$$

Prin urmare, poziția $P_2$, unde are loc desprinderea, se determină cu unghiul $\theta_2$, rădăcină a ecuației transcendente :

$$\cos(\theta_2 - \varepsilon) = \frac{\cos\varepsilon}{3}[2\sqrt{1 + (1 - k^2)\,\text{tg}^2\,\varphi} - k]\,e^{2(\theta_2 - \theta_1)\text{tg}\,\varphi} \tag{14}$$

Cazul III. În continuare bulgărele se mișcă liber fiind aruncat din poziția $P_2$ cu viteza $v_2 = l\omega_2$ sub unghiul $\beta = \pi - \theta_2$ față de orizontală. Această fază de aruncare a bulgărelui, arătată pe figura 3 prin arcul $P_2P_3$, este identică cu mișcarea liberă a pendulului matematic.

Toate concluziile stabilite la mişcarea liberă a pendulului rămîn valabile [3]. Astfel, poziţia punctului $P_3$ de cădere pe cerc se determină prin unghiul:

$$\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \delta = \pi + 3\beta = 4\pi - 3\theta_2 \qquad (15)$$

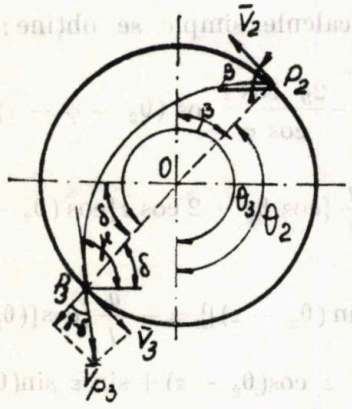



Fig. 3

Conform formulei 11, cap. 11, [3], mărimea vitezei bulgărelui la cădere în poziţia $P_3$ va fi:

$$v_{P_3} = l\omega_2 \cos\beta\sqrt{1+9\,\mathrm{tg}^2\beta} = l\omega_2\sqrt{1+8\sin^2\beta} =$$

$$= l\omega_2\sqrt{1+4(1-\cos 2\beta)} = l\omega_2\sqrt{5-4\cos 2\beta}$$

sau, în funcţie de $\theta_2$:

$$v_{P_3} = l\omega_2\sqrt{5-4\cos 2\theta_2} \qquad (16)$$

Dar unghiul ascuţit $\gamma$ dintre această viteză şi diametrul orizontal este dat de relaţia 29, cap. 11, [3],:

$$\gamma = \mathrm{arc\ tg}(3\mathrm{tg}\,\beta)$$

De asemenea unghiul dintre viteza $\vec{v}_{P_3}$ şi tangentă este:

$$\frac{\pi}{2} - \gamma + \delta = 3\beta - \gamma = 3\pi - 3\theta_2 - \gamma$$

Astfel, componenta $v_3$ a vitezei $\vec{v}_{P_3}$ după tangenta în punctul $P_3$ la cerc va fi:

$$v_3 = -l\omega_2\sqrt{5-4\cos 2\theta_2}\cos(3\theta_2+\gamma) \qquad (17)$$

şi deci viteza unghiulară:

$$\omega_3 = -\omega_2\sqrt{5-4\cos 2\theta_2}\cos(3\theta_2+\gamma) \qquad (17')$$

**Cazul IV. Urmează coborîrea bulgărelui pe cerc însoţită de alunecare.** Deoarece în această fază $\dot{\theta} > \omega$, forţa de frecare este în sens opus sensului pozitiv pe tangentă, adică:

$$F = -N\mathrm{tg}\,\varphi = -m\,\mathrm{tg}\,\varphi(l\dot{\theta}^2 + g\cos\theta) \qquad (18)$$

Introducînd această expresie a forţei de frecare în prima ecuaţie (1), se obţine:

$$l\ddot{\theta} = -g\sin\theta - \mathrm{tg}\,\varphi(l\dot{\theta}^2 + g\cos\theta)$$

care, după transformări, se poate pune sub forma:

$$\ddot{\theta} + \dot{\theta}^2\,\mathrm{tg}\,\varphi = -\frac{g}{l}\frac{\sin(\theta+\varphi)}{\cos\varphi} \qquad (19)$$

Integrarea acestei ecuaţii se face la fel ca şi în cazul ecuaţiei (9). Pentru simplificare însă se poate observa că ecuaţia (19) se obţine din ecuaţia (9) prin înlocuirea unghiului $\varphi$ prin $-\varphi$. Deci, pentru condiţii iniţiale corespunzătoare poziţiei $P_3$, se obţine:

$$\dot{\theta}^2 = \left[\omega_3^2 - \frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\cos(\theta_3+\varphi+\varepsilon)\right]e^{-2(\theta-\theta_3)\,\mathrm{tg}\varphi} +$$

$$+\frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\cos(\theta+\varphi+\varepsilon) \qquad (20)$$

La sfîrşitul acestei faze punctul ajunge în poziţia $P_4$ unde $\theta = \theta_4$ iar $\dot{\theta} = \omega$. Pentru aceste condiţii soluţia (20) devine:

$$\omega^2 = \left[\omega_3^2 - \frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\cos(\theta_3+\varphi+\varepsilon)\right]e^{-2(\theta_4-\theta_3)\mathrm{tg}\varphi} +$$

$$+\frac{2g\cos\varepsilon}{l\cos\varphi}\cos(\theta_4+\varphi+\varepsilon) \qquad (21)$$

Această ecuaţie transcendentă serveşte la determinarea unghiului $\theta_4$ ce defineşte sfîrşitul fazei de alunecare la coborîrea bulgărelui. De aici, în continuare, bulgărele rămîne în echilibru relativ pe cilindru pînă în poziţia $P_0$, după care întregul ciclu se repetă.

Minereul, care este alimentat axial în moară, se adună pe fundul acesteia. Datorită frecării dintre granule şi mantaua morii, şi de cele mai multe ori a prezenţei unor nervuri, bucăţile de minereu ce tind să ajungă în zona periferică, se reîntorc în parte, în spaţiul morii (fig. 1). Particulele fine tind să cadă în centrul morii, iar cele de dimensiuni medii, după ce ajung în dreptul evacuării, se reîntorc în zona centrală şi împing spre exterior particulele fine. Forţa gravitaţională şi forţa centrifugă care acţionează asupra granulelor au rolul de a dirija şi comprima materialul spre peretele morii, aducînd succesiv în stare de compresiune diferitele zone din moară.

În timpul rotirii morii minereul este ridicat către partea superioară pînă la așa-numita „zonă de abraziune", unde forța gravitațională poate depăși forța centrifugă. Aici, bulgării de minereu sînt eliberați de compresiune, preiau cuplul indus de către peretele tamburului și încep să se rotească în jurul axei proprii. Bucățile mai mari, căzînd spre centrul morii, întîlnesc în drumul lor particulele fine pe care le macină prin acțiunea de rotire în care sînt antrenate. Traiectoriile de înapoiere ale granulelor de diferite dimensiuni sînt arătate în figura 1. Timpul necesar pentru înapoiere în „zona de sfărîmare" este cu atît mai scurt cu cît bulgării sînt mai mari. Bucățile de minereu cu dimensiuni mai mari se deplasează spre mijlocul morii de unde, datorită forței gravitaționale, trec prin „zona de cădere în cascadă" și ajung în „zona primară reală". În această zonă, bucățile cele mai mari formează stratul intern de material, iar cele mai mici — stratul extern al zonei. Minereul brut alimentat în moară cade pe ecranul de material ce formează „zona de cădere în cascadă" care acționează ca falca fixă a unui concasor. Minereul brut și materialul ce formează acest ecran, avînd traiectorii opuse, se mărunțesc reciproc. Materialul cu dimensiuni mai mici migrează prin „zona de cădere în cascadă". Acest material formează un strat la periferia tamburului, pe el căzînd minereul din „zona de cădere în

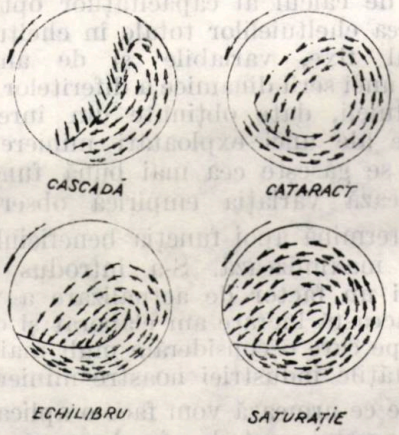



Fig. 4

cataractă". La intrarea în „zona de sfărîmare" acest minereu este supus celor mai mari forțe de compresiune, iar la trecerea în „zona de abraziune" este supus forțelor ce rezultă în urma efectului de rotire al bulgărilor mai mari.

Studiul cinematic al unei mori în rotație indică, în funcție de viteză, următoarele stări de mișcare (fig. 4).

*Starea de cascadă* la care granulele aflate sub o anumită curbă, fiind în contact direct cu peretele morii, se deplasează împreună cu moara cu aceeași viteză, fără alunecare, iar granulele care se află deasupra curbei cad în cascadă, în direcție opusă granulelor de sub curbă.

*Starea de cataractă* unde granulele stratului inferior al patului de material, fiind libere, se deplasează pe traiectorii parabolice care se termină pe minereul ce se rotește împreună cu tamburul morii.

*Starea de echilibru* la care condiția mișcării parabolice se extinde la toate granulele care se desprind de peretele morii, traiectoriile lor constînd dintr-un arc de cerc continuat cu o curbă parabolică.

*Starea de saturație* în care granulele cad pe plăcile de blindaj libere — fără pat de material — ale morii. Această stare se evită deoarece se produc uzuri excesive și vibrații puternice datorită căderii lor direct pe căptușeală.

Dacă se depășește viteza critică cu 180 —200% se ajunge la starea centrifugală. În acest caz, toate granulele aderă la peretele morii, efectul de mărunțire fiind nul.

În cazul măcinării autogene, suprafața liberă a încărcăturii de minereu din moară este supusă unui puternic efect de alunecare, deoarece interiorul încărcăturii se află (datorită forțelor centrifuge) aproape rigidizat de căptușeala morii. Suprafața liberă satisface condiția mișcării în cascadă, minereul desprins de peretele morii rostogolindu-se pe încărcătură pînă la atingerea căptușelii.

## Concluzii

Forma principală de sfărîmare a minereului în moara autogenă este impactul — care are loc în zona de cataractă, porțiunea $P_2P_3$ — datorat căderii bulgărilor pe încărcătură, iar forma principală de măcinare este abraziunea, care se desfășoară în zona de cascadă — porțiunile $P_1P_2$ și $P_4P_1$ — cauzată de frecarea granulelor între ele, în timp ce încărcătura execută, sub influența forței centrifuge, împreună cu moara, o mișcare periferică.

Regimurile de lucru ale morii sînt caracterizate prin coeficientul cinematic de mișcare

$$k = \frac{l\omega^2}{g}.$$

Procesul de măcinare a bulgărilor de minereu are loc numai atunci cînd există mișcare relativă între bulgăre și cilindru, de exemplu în fazele mișcării în care intervine și alunecarea.

La creșterea lui $k$ faza mișcării libere se micșorează, iar poziția ce determină începutul fazei de alunecare înapoi este diametral opusă cu poziția ce determină sfîrșitul fazei de alunecare înainte.

La micșorarea lui $k$, poziția ce determină sfîrșitul fazei de alunecare înainte se apropie de punctul cel mai de jos al pendulului matematic, iar dacă el trece peste poziția acestui punct, faza echilibrului relativ nu mai poate exista.

Dacă poziția ce determină începutul alunecării libere ajunge pînă la diametrul orizontal, atunci faza mișcării libere nu mai poate apărea: bulgărele execută mișcări de alunecare înainte și înapoi pe cilindru, ce se amortizează treptat pînă în poziția de echilibru.

Rezolvarea ecuațiilor ce determină parametrii cinematici și dinamici din fiecare fază, folosind tehnica de calcul, permite, pentru fiecare caz în parte, să se determine regimul de funcționare care asigură realizarea celor două stări principale: de cascadă și de cataractă.


**Bibliografie**

[1] Constantinescu, I. N. *Mecanica*. Ed. didactică și pedagogică, București, 1979.

[2] Constantinescu, I. N., Darabont, Al. și Mereț, M. *Mecanica mașinilor și instalațiilor miniere de preparare*. Ed. tehnică, București, 1978.

[3] Brîndeu, L. *Mecanica — Dinamica*. Curs, Timișoara, 1975.

[4] Crăescu, I. *Măcinarea autogenă*. Litografia Institutului de Mine, Petroșani, 1977.


# Metode de raționalizare a capacităților de producție


Dr. mat. **D. Zorilescu**
Institutul de geologie și geofizică București


## I. Introducere

În lucrarea [1] s-a prezentat o serie de modele pentru determinarea capacităților raționale de producție în minerit, fiecare model fiind analizat critic.

Astfel, se discută modelul lui S. S. Arps bazat pe realizarea unui cîștig maxim raportat la capitalul investit, modelul lui Ajdukiewicz, care introduce ca parametri mărimile cîmpului minier, cîmpului de exploatare și viteza de extracție, utilizînd drept criteriu de optimizare minimizarea prețului de cost, modelul lui Hillenhinrichs — un model al variantelor de creștere anuală a capacităților de producție cu determinarea variantei care asigură un beneficiu maxim net pentru tona de minereu extrasă, modelul lui Blondel, în care criteriul economic este acela al realizării beneficiului total maxim pînă la epuizarea rezervoarelor.

Mai pe larg se prezintă modelul lui Von Wahl, un model de variante, bazat pe o serie de factori elementari (un abataj, un puț de extracție, o metodă, un utilaj).

Obținerea variantelor de capacitate de producție se face, fie prin creșterea numărului de factori elementari, fie prin schimbarea caracteristicilor factorilor.

Pentru fiecare factor cu anumite caracteristici, capacitatea variază de la zero la o valoare maxim posibilă, după care se crește numărul factorilor.

Constantele modelului sînt:

— mărimea cîmpului minier;
— cantitatea rezervelor;
— concentrarea rezervelor;
— grosimea rocilor din acoperiș;
— distanța între orizonturi;
— mărimea cîmpului de exploatare;
— natura rocilor înconjurătoare;
— costul lucrărilor de abataj.

Variabila independentă a modelului este capacitatea de producție, iar ca variabilă dependentă se consideră durata de exploatare.

Se fac diferite ipoteze asupra mărimii cîmpurilor de exploatare și a gradului de exploatabilitate (t/m²) și se calculează investițiile necesare, costurile de exploatare și beneficiile rezultate.

Se alege varianta optimă în raport cu beneficiul maxim.

De asemenea, în lucrarea [1] se dezvoltă o metodă de calcul al capacităților optime prin împărțirea cheltuielilor totale în cheltuieli convențional fixe, variabile și de amortizare. Pe baza unei serii dinamice a diferitelor categorii de cheltuieli, date obținute din înregistrările statistice ale unei exploatări miniere în dezvoltare, se găsește cea mai bună funcție care aproximează variația empirică observată.

Se determină apoi funcția beneficiului total care se maximizează. S-a introdus în acest model și un factor de actualizare a valorilor. Tot în această lucrare am elaborat și o metodă proprie pe care o considerăm mult mai aproape de realitățile industriei noastre miniere.

În cele ce urmează vom face o aplicație practică a acestei metode, în lucrarea amintită fiind prezentate doar principiile teoretice.

În continuare, vom dezvolta alte două metode, care au fost deja aplicate pe cazuri concrete, obținîndu-se rezultate bune, de care s-a ținut seama în proiectare.

## II. Metoda variantelor

Vom considera ca unitate de exploatare abatajul sau panoul și nu cîmpul minier ca în modelul lui von Wahl. În modelul său, von Wahl consideră cîmpurile de exploatare omogene din toate punctele de vedere și anume: menținerea constantă a mărimii cîmpului minier cu o topografie stabilită și menținerea constantă

a rezervelor ce trebuie extrase, distribuția uniformă a rezervelor în cîmpul minier, unitățile de exploatare în care se împarte cîmpul minier conțin rezerve în aceeași cantitate și cu aceleași caracteristici, rezervele acestor unități de exploatare (panouri de exemplu) pot fi extrase cu același cost, fiecare tonă de minereu extras obține același beneficiu.

Evident, în realitate este greu de satisfăcut asemenea condiții.

Von Wahl spune că abaterile de la modelul bazat pe omogenitate pot fi înlăturate ținînd seama de cheltuielile ce intervin suplimentar prin înlăturarea lor.

Acest lucru este însă foarte greu de realizat.

Pentru înlăturarea acestor dezavantaje am preconizat un calcul de variante de producție anuală pe abataje.

Cheltuielile curente vor varia de la abataj la abataj. De asemenea, valoarea tonei produse va varia de la abataj la abataj, ca o consecință a variației calității minereului sau a faptului că la unele unități miniere producția este formată din mai multe sorturi.

Pentru fiecare variantă de producție se determină abatajele din care se poate realiza capacitatea corespunzătoare, abataje stabilite în ordinea tehnică de intrare în exploatare, adică într-o ordine care ține seama de faptul că un abataj nu poate fi exploatat înaintea altuia fără să pericliteze exploatarea sau fără să conducă la creșteri ale cheltuielilor de aeraj, întreținere, evacuarea apelor etc. Această ordine rezultă din analize tehnice-economice prealabile.

Dintre toate variantele de capacitate anuală de producție se va alege cea care va optimiza un anumit criteriu de optimalitate. Alegerea criteriului se face în funcție de scopurile întreprinderii.

Unul din criteriile cel mai des aplicate și evident cel mai rațional din punct de vedere economic, este acela al realizării unui beneficiu maxim total, pe întreaga perioadă de exploatare, pînă la epuizarea rezervei.

Acest beneficiu total este funcție de rezerva totală de minereu, de capacitatea anuală de producție, de cheltuielile de producție, de investiția inițială efectuată pentru structurarea minei, de valoarea producției, de costurile de capital rezultate din mobilizarea fondurilor, cît și de costurile valorificării producției la diverse momente de timp (trebuie ținut seama că o tonă de minereu produsă astăzi și valorificată are o valoare proprie mai mare decît dacă este extrasă și valorificată după o perioadă de timp).

Este necesar, din aceste motive, să se efectueze o actualizare a valorilor la un anumit moment, actualizare ce se face prin introducerea unui factor de actualizare de forma $e^{-jt}$ unde $j$ reprezintă dobînda, iar $t$ anul de producție.

Pentru realizarea unei capacități anuale de producție $Q$, într-o variantă dată, se va determina ritmul zilnic $r$ de exploatare (t/zi). Acest ritm zilnic se realizează dintr-un număr necesar de abataje, ținînd seama de debitul maxim $d$ posibil al fiecărui abataj, debit stabilit în funcție de tehnologia de extracție aplicată și condițiile concrete de zăcămînt în locul respectiv.

Dacă ritmul zilnic este mai mic decît debitul fiecărui abataj ($r \leqslant d$) atunci se va exploata fiecare abataj în parte cu ritmul $r$. Dacă, în schimb, debitul fiecărui abataj este mai mic decît ritmul zilnic, se va exploata concomitent în mai multe abataje ($r = \Sigma d$). Va rezulta, de aici, numărul de abataje în care se va exploata concomitent, precum și momentul intrării în exploatare a unui nou abataj, după ce altul — deja în funcțiune — a fost epuizat. Trebuie să se țină seama însă și de faptul că ritmuri mai mari decît debitele panourilor se pot realiza nu numai prin exploatarea concomitentă a mai multor abataje, ci și prin modificarea tehnologiei de extracție și achiziționarea de utiliaje noi, cu capacități de producție mai mari, care să conducă la o creștere corespunzătoare a debitelor. Aceasta necesită însă investiții sporite. Prin analize tehnico-economice se poate stabili varianta cu eficiență mai mare (creșterea productivității în abataje sau exploatarea concomitentă în mai multe abataje).

În final, pentru fiecare variantă de producție $Q$ va rezulta o investiție necesară $I$.

Vom presupune, în exemplul ce urmează, că ritmul zilnic se realizează prin exploatarea concomitentă a mai multor abataje ($d < r$).

Vom presupune, pentru exemplificarea calculelor, doar două variante de capacitate anuală de producție $Q_1 = 80\,000$ t/an și $Q_2 = 100\,000$ t/an. Dacă se consideră 280 zile lucrătoare, atunci ritmurile zilnice vor fi $r_1 = 286$ t/zi și $r_2 = 357$ t/zi.

În tabelul 1 sînt prezentate datele inițiale ale abatajelor sau panourilor privind rezervele industriale, conținuturile industriale, debitele zilnice posibile, funcție de condițiile tehnice și metodele de extracție, recuperările la preparare, precum și prețul de cost la gura minei (extracție și preparare) și prețurile unite are de valorificare.

Pentru prima variantă de producție anuală, adică pentru ritmul de 286 t/zi, se stabilesc, în tabelul 2, rezervele anuale ce se extrag din fiecare panou în funcție de debitul lor zilnic, valoarea reactualizată a rezervelor extrase, cheltuielile de producție, valoarea producției anuale și cheltuielile anuale totale, beneficiul anual neactualizat, precum și beneficiul anual actualizat. Vom face calculele numai pentru doi ani de exploatare.

În același mod se pot efectua calcule pînă la epuizarea rezervei.

**Date inițiale** *Tabelul 1*

| Abataj | Rezerve industriale, t | Debit, t/zi, | Conținut mediu, % | Recuperare la preparare | Preț cost la gura minei, lei/t | Preț unitar de valorificare, lei/t |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13 083 | 26,23 | 0,85 | 0,880 | 140 | 234,0 |
| 2 | 10 267 | 26,23 | 0,70 | 0,875 | 140 | 166,25 |
| 3 | 945 | 29,51 | 0,40 | 0,850 | 180 | 10,0 |
| 4 | 14 550 | 26,23 | 0,48 | 0,855 | 140 | 72,4 |
| 5 | 630 | 21,86 | 0,32 | 0,840 | 150 | 15,6 |
| 6 | 14 550 | 65,57 | 0,90 | 0,885 | 120 | 278,25 |
| 7 | 15 396 | 65,57 | 0,60 | 0,870 | 120 | 141,0 |
| 8 | 7 107 | 65,57 | 0,35 | 0,840 | 120 | 27,0 |
| 9 | 10 289 | 65,57 | 0,40 | 0,850 | 100 | 70,0 |
| 10 | 8 259 | 26,23 | 0,95 | 0,885 | 115 | 305,375 |
| 11 | 6 854 | 26,23 | 0,65 | 0,875 | 115 | 169,375 |
| 12 | 7 820 | 26,23 | 0,58 | 0,870 | 120 | 132,30 |
| 13 | 9 830 | 65,57 | 0,45 | 0,860 | 95 | 98,50 |
| 14 | 7 660 | 26,23 | 1,10 | 0,900 | 100 | 395,0 |
| 15 | 13 814 | 65,5 | 0,80 | 0,885 | 115 | 239,0 |
| 16 | 71 190 | 104,91 | 0,57 | 0,875 | 120 | 129,375 |
| 17 | 25 585 | 26,23 | 0,90 | 0,885 | 130 | 268,25 |
| 18 | 3 793 | 65,57 | 0,86 | 0,880 | 115 | 263,4 |
| 19 | 6 538 | 32,89 | 0,70 | 0,875 | 115 | 191,25 |
| 20 | 12 213 | 65,57 | 0,48 | 0,855 | 100 | 72,40 |

Menționăm că datele utilizate reprezintă doar un exemplu.

În coloana 2 (rezerva industrială extrasă $R_e$) se trec valorile rezultate prin multiplicarea debitelor zilnice $d$ cu numărul de zile lucrătoare presupuse într-un an $T$, adică $R_e = dT$. Dacă rezervele $R_e$ posibil de extras într-un an sînt mai mari decît rezervele panoului, atunci în coloana 2 se trece întreaga rezervă a panoului respectiv. Astfel, în primul an au intrat în exploatare, în întregime, panourile 3, 5, 6, 7, 8, 9. Din panoul 11 au intrat în exploatare numai 1 706,4 t — necesare a acoperi capacitatea anuală de 80 000 t.

Rezervele rămase neexploatate din panourile 1, 2, 4, 19, 11 vor intra în exploatare cu prioritate în anul următor. Analiza se efectuează în continuare în același mod.

Cheltuielile de producție pe abataj (col. 5) vor rezulta prin înmulțirea cifrelor din coloanele 2 și 3 ale tabelului 2.

Valoarea rezervei extrase pe abataje (col. 6) va rezulta din produsul caloanelor 2 și 4.

Se calculează apoi, prin cumulare, cheltuielile anuale de producție și valoarea producției anuale.

*Tabelul 2*

**Beneficiul total în varianta $Q_1$ = 80 000 t/an**

| Anul de extr. | Abataj sau panou | Rez. ind extrasă, t | Preț cost, lei/t | Preț de valorificare, lei/t | Chelt. prod. pe abataj, lei | Valoarea rezervei extrase, lei |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 7 344,4 | 140 | 234,0 | 1 028 216 | 1 718 589,6 |
| | 2 | 7 344,4 | 140 | 166,25 | 1 028 216 | 1 221 006,5 |
| | 3 | 945,0 | 180 | −10,0 | 170 100 | −9 450,0 |
| | 4 | 7 344,4 | 140 | 72,4 | 1 028 216 | 531 734,6 |
| | 5 | 630,0 | 150 | −15,6 | 94 500 | − 9 828,0 |
| | 6 | 14 550,0 | 120 | 278,25 | 1 746 000 | 4 048 537,5 |
| | 7 | 15 396,0 | 120 | 141,0 | 1 847 520 | 2 170 836 |
| | 8 | 7 107,0 | 120 | 27,0 | 852 840 | 191 889 |
| | 9 | 10 289,0 | 100 | 70,0 | 1 028 900 | 720 230 |
| | 10 | 7 344,4 | 115 | 305,375 | 844 606 | 2 242 796,2 |
| | 11 | 1 706,4 | 115 | 169,375 | 196 236 | 289 021,5 |
| 2 | 1 | 5 737,6 | 140 | 234,0 | 803 264 | 1 342 598,4 |
| | 2 | 2 922,6 | 140 | 166,25 | 409 164 | 485 882,3 |
| | 4 | 7 205,6 | 140 | 72,4 | 1 008 784 | 521 685,4 |
| | 10 | 914,6 | 115 | 305,375 | 105 179 | 279 296,0 |
| | 11 | 5 147,6 | 115 | 169,375 | 591 974 | 871 874,8 |
| | 12 | 7 344,4 | 120 | 132,30 | 881 328 | 971 664,1 |
| | 13 | 9 830,0 | 95 | 98,5 | 933 850 | 968 255,0 |
| | 14 | 7 344,4 | 100 | 395,0 | 734 440 | 2 901 038,0 |
| | 15 | 13 814,0 | 115 | 239,0 | 1 588 610 | 3 301 546,0 |
| | 16 | 19 739,2 | 120 | 129,375 | 2 368 704 | 2 553 759,0 |

Evident, este necesar să se determine, în prealabil, și investiția pentru structura minei, investiție care depinde de capacitatea anuală de producție $I(Q)$. De asemenea, trebuie apreciate și cheltuielile anuale generale ale întreprinderii $C_g(Q)$.

Să presupunem că din studiile tehnico-economice au rezultat următoarele date:

$I(Q_1) = 18$ mil. lei;
$I(Q_2) = 22$ mil. lei;
$C_g(Q_1) = 2{,}0$ mil. lei;
$C_g(Q_2) = 2{,}2$ mil. lei.

Beneficiul anual neactualizat va rezulta scăzînd din valoarea producției anuale suma dintre cheltuielile anuale, cheltuielile generale și cota anuală din investiția pentru structura minei.

Dacă se notează cu $R$ rezerva totală a zăcămîntului, atunci $\frac{R}{Q}$ fiind durata în ani de exploatare, rezultă cota anuală din investiția totală $I(Q) \times \frac{Q}{R}$.

În exemplul nostru să considerăm o rezervă totală $R = 1\,200\,000$ t.

În cele două variante de capacitate de producţie vor rezulta cotele anuale:

$I(Q_1) = 1{,}20$ mil. lei/an;

$I(Q_2) = 1{,}83$ mil. lei/an.

Beneficiul anual actualizat va rezulta prin multiplicarea beneficiului neactualizat cu factorul de actualizare $e^{-tj}$, unde prin $t$ s-a notat anul extracţiei $(1, 2, \ldots)$, iar prin $j$ dobînda plătită (se va considera $j = 10\,\%$). Rezultă următoarele rezultate totale anuale:

| | *anul 1* | *anul 2* | *total 1+2* |
|---|---|---|---|
| Cheltuieli de producţie | 9 865 350 | 9 425 297 | 19 290 647 |
| Valoarea producţiei | 13 115 363 | 14 197 599 | 27 312 962 |
| Beneficiul neactualizat | 50 013 | 1 572 300 | 1 622 313 |
| Beneficiul actualizat | 45 254 | 1 422 680 | 1 467 924 |

Dacă ne oprim aici cu calculele, după doi ani de extracţie, varianta a doua va conduce la un beneficiu mult mai mare şi deci această capacitate este mai raţională.

Evident, calculele trebuie efectuate pînă la epuizarea întregii rezerve de minereu, atît pentru perioada corespunzătoare de exploatare, cît şi pentru mai multe variante de capacitate.

Variantele de capacitate trebuie să rezulte, aşa cum s-a mai specificat, nu numai prin adăugarea de noi abataje, ci şi prin creşterea productivităţii în unele abataje, prin schimbarea tehnologiei de extracţie.

Analiza finală va conduce la capacitatea optimă de producţie.

O astfel de metodă de calcul (pe variante de capacitate anuală de producţie) conduce la rezultate mult mai apropiate de realitate, deoarece calculele se referă la unitatea de producţie (abatajul sau panoul) pentru care se

*Tabelul 3*

**Beneficiul total în varianta $Q_2 = 100\,000$ t/an**

| Anul de extr. | Abataj sau panou | Rez. ind. extrasă | Preţ cost, lei/t | Preţ de valorificare, lei/t | Cheltuieli de producţie pe abataj, lei | Valoarea rezervelor extrase, lei |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 7 344,4 | 140 | 234,0 | 1 028 216 | 1 718 589,6 |
| | 2 | 7 344,4 | 140 | 166,25 | 1 028 216 | 1 221 006,5 |
| | 3 | 945,0 | 180 | −10,0 | 170 100 | −9 450,0 |
| | 4 | 7 344,4 | 140 | 72,4 | 1 028 216 | 531 734,6 |
| | 5 | 630,0 | 150 | −15,6 | 94 500 | −9 828,0 |
| | 6 | 14 550,0 | 120 | 278,25 | 1 746 000 | 4 048 537,5 |
| | 7 | 15 396,0 | 120 | 141,0 | 1 847 520 | 2 170 836 |
| | 8 | 7 107,0 | 120 | 27,0 | 852 840 | 191 889 |
| | 9 | 10 289,0 | 100 | 70,0 | 1 028 900 | 720 230 |
| | 10 | 7 344,4 | 115 | 305,375 | 844 606 | 2 242 796,2 |
| | 11 | 6 854,0 | 115 | 169,375 | 788 210 | 1 160 896,3 |
| | 12 | 7 344,4 | 120 | 132,30 | 881 328 | 971 664,1 |
| | 13 | 7 508,0 | 95 | 98,5 | 713 260 | 739 538,0 |
| 2 | 1 | 5 737,6 | 140 | 234,0 | 803 264 | 1 342 598,4 |
| | 2 | 2 922,6 | 140 | 166,25 | 409 164 | 485 882,3 |
| | 4 | 7 205,5 | 140 | 72,4 | 1 008 784 | 521 685,4 |
| | 10 | 914,6 | 115 | 305,375 | 105 179 | 279 296,0 |
| | 12 | 475,6 | 120 | 132,3 | 57 072 | 62 922,0 |
| | 13 | 2 322,0 | 95 | 98,5 | 220 590 | 228 717 |
| | 14 | 7 344,4 | 100 | 395,0 | 734 440 | 2 901 038,0 |
| | 15 | 13 814,0 | 115 | 239,0 | 1 588 010 | 3 301 546,0 |
| | 16 | 29 374,8 | 120 | 129,375 | 3 524 976 | 3 800 364,75 |
| | 17 | 7 344,4 | 130 | 268,25 | 954 772 | 1 970 135,3 |
| | 18 | 3 793, 0 | 115 | 263,4 | 436 195 | 999 076,2 |
| | 19 | 6 538,0 | 115 | 191,25 | 751 870 | 1 250 392,5 |
| | 20 | 12 213,4 | 100 | 72,4 | 1 221 340 | 884 250,2 |

În tabelul 3 se fac aceleaşi calcule pentru varianta a doua de capacitate de producţie $Q_2 = 100\,000$ t/an, din care rezultă:

| | *anul 1* | *anul 2* | *total 1+2* |
|---|---|---|---|
| Cheltuieli de producţie | 12 051 912 | 11 816 256 | 23 868 168 |
| Valoarea producţiei | 15 698 440 | 18 027 904 | 33 726 344 |
| Beneficiul neactualizat | −383 472 | 2 181 648 | 1 798 176 |
| Beneficiul actualizat | −346 980 | 1 974 037 | 1 627 057 |

determină toate condiţiile locale de zăcămînt, condiţiile tehnice de extracţie, precum şi cele economice.

Un dezavantaj al metodei constă în munca foarte laborioasă solicitată de stabilirea acestor condiţii tehnico-economice de mare detaliu.

Un calculator electronic elimină însă aceste dezavantaje, făcînd din metoda descrisă un instrument de mare precizie pentru determinarea capacităţilor optime de producţie.

### III. Determinarea capacității de producție prin maximizarea beneficiului total actualizat

Să presupunem următoarele date ale problemei:

—Rezerva de minereu, $R = 300$ mil. tone.
—Conținutul mediu, $C = 0{,}45\%$ Cu.
—Randamentul la preparare, $r = 86\%$.
—Valoarea tonei de metal în concentrat, $u = 50\,000$ lei.
—Cheltuielile de preparare pe tona de minereu, $k_1 = 40$ lei/tona minereu.
—Prețul direct de cost pentru un raport de descopertare $q = 3{,}0$, $k_2 = 60$ lei/tona minereu.
—Factorul de actualizare (valoarea de mobilizare a fondurilor) $j = 5\%$.
—Pentru elaborarea modelului este necesară și investiția totală $I$, investiție ce trebuie a se efectua într-o variantă acceptată de deschidere și tehnologie de extracție.

Investiția totală conține o componentă variabilă, datorată utilajelor și instalațiilor ce determină capacitatea de producție, și o componentă convențional fixă datorată tuturor celorlalte necesități de punere în exploatare.

Se poate scrie o relație de forma:

$$I = ax + b.$$

unde: $x$ este capacitatea de producție, mil. tone pe an;
$ax$ — componenta variabilă;
$b$ — componenta convențional fixă socotită aici constantă.

Să presupunem că pentru un caz practic în urma analizelor tehnico-economice, a rezultat:

$$I = 300\ x + 900, \text{ mil. lei.}$$

Cu notațiile acceptate conform modelului dezvoltat în [1], se poate scrie relația beneficiului total:

$$B = \frac{v}{j}\left(1 - e^{-j\frac{R}{x}}\right) - (ax + b).$$

Prin anularea derivatei de ordinul I se determină ecuația a cărei soluție va fi capacitatea optimă de producție și anume acea valoare care maximizează beneficiul total:

$$e^{-j\frac{R}{x}}\left(1 + j\frac{R}{x}\right) = 1 - \frac{aj}{v}.$$

În relația beneficiului a intervenit și valoarea tonei de minereu $v$ calculată cu relația:

$$v = cru - k_1 - k_2.$$

Cu datele din exemplul luat rezultă:

$$v = \frac{0{,}45 \times 86}{100^2}\,50.000 - 100 = 93{,}5 \text{ lei/t}$$

și ecuația:

$$e^{-\frac{15}{x}}\left(1 + \frac{15}{x}\right) = 0{,}679.$$

Rezolvarea unei astfel de ecuații se poate face cu ușurință printr-o metodă numerică. Se consideră diferite variante pentru $x$ și se calculează valorile funcției:

$$F = e^{-\frac{15}{x}}\left(1 + \frac{15}{x}\right)$$

care se compară cu valoarea 0,679.

Valoarea lui $x$ pentru care avem egalitate va fi capacitatea optimă de producție.

Pentru a ușura calculele vom scrie o formă echivalentă a funcției $F$:

$$F = e^{-\left(1 + \frac{15}{x}\right)+1}\left(1 + \frac{15}{x}\right)$$

sau notînd:

$$1 + \frac{15}{x} = y,$$

$$F = eye^{-y}$$

Valoarea $e$ este baza logaritmilor naturali pentru care se ia aproximativ 2,718282.

Se obține deci formula de calcul:

$$F = 2{,}718282\ ye^{-y}.$$

În tabelul 4 se fac calculele necesare.

Se observă că valoarea 0,678 este cuprinsă între $F = 0{,}645$ și $F = 0{,}709$ și, prin urmare, capacitatea optimă va fi cuprinsă între 12 și 14 mil tone/an.

Pentru a găsi o valoare mai exactă se poate proceda prin construirea unui grafic al variației lui $F$ cu $x$, iar capacitatea optimă ar rezulta ca abscisă a punctului de intersecție al graficului cu paralelea la axa absciselor dusă prin ordonata de 0,679.

*Tabelul 4*

| $x$, mil. tone | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $y$ | 3,50 | 2,875 | 2,5 | 2,25 | 2,07 | 1,938 | 1,833 |
| $F$ | 0,287 | 0,441 | 0,558 | 0,645 | 0,709 | 0,759 | 0,797 |

Vom proceda însă prin calcul și anume vom determina mai întîi valoarea lui $F$ pentru

$x = 13$; rezultă $F = 0{,}67942$, adică o valoare foarte apropiată de 0,679.

Dacă nu se obține această valoare, se continuă mai departe prin restrîngerea domeniului.

A rezultat, prin urmare, o capacitate optimă, în condițiile exemplului luat, de 13 mil. tone/an, [illegible] $B = 11\,812{,}56$ mil. lei.

[illegible] fi [illegible] prezentată în cap. II, acestî model prezintă [illegible] tajul unor calcule mai puțin laborioase, prin faptul că se folosește o funcție deterministă, globală, a beneficiului total, se pierd anumite aspecte particulare ale realității. Totuși modelul este util în aplicațiile practice deoarece conduce rapid la cifre orientative în procesul luării deciziilor de punere în exploatare a unui zăcămînt.

**IV. Determinarea capacității de producție în funcție de un risc minim acceptabil de nerealizare a unor conținuturi medii limită la alimentarea uzinelor de preparare**

În unele cazuri practice s-ar putea cere nu realizarea unor beneficii maxime (dacă necesitățile de metal sînt așa de mari încît impun renunțarea parțială la criteriul economic), ci exploatarea zilnică a rezervei de minereu la un conținut mediu mai mare decît o limită admisibilă impusă de buna funcționare a uzinelor de preparare. Aceasta are evident și efecte economice indirecte prin programarea optimă a producției și reglarea mai bună a procesului de preparare.

Se cere, în acest caz, determinarea numărului de puncte de exploatare concomitentă, care să asigure un risc minim acceptat de nerealizare a unor conținuturi medii limită date.

Să presupunem că s-a stabilit la alimentarea unei uzine de preparare un conținut mediu minim de 0,25 % Cu pentru un zăcămînt cercetat prin foraje ce urmează a fi exploatat în carieră prin trepte de 20 m înălțime.

Fiecare porțiune de foraj din cadrul unei trepte de carieră furnizează o informație privind conținutul mediu posibil al unei cantități de minereu aflată într-un volum de influență a porțiunii respective de foraj, volum ce poate fi excavat într-o perioadă de timp dată (un schimb, spre exemplu).

Aceasta formează un „punct de exploatare" în accepțiunea acestui model.

Pe baza numărului $N$ de puncte posibile de exploatare ($N$ porțiuni de foraje ce traversează treptele carierei), cărora le corespund $N$ valori ale conținuturilor în elementul util avut în vedere, se poate determina riscul de a nu se realiza un conținut mediu minim de 0,25 % Cu, dacă se exploatează concomitent în 1, 2, 3,... puncte de exploatare.

Pentru determinarea acestor riscuri se face o analiză statistică și anume pentru fiecare variantă a numărului punctelor de exploatare concomitentă (1, 2, 3,...) se calculează conținuturile medii ale porțiunilor de foraj și se determină numărul de valori mai mici decît conținutul mediu limită stabilit (0,25 %).

[illegible] $i = 1, 2, 3, \ldots$ numărul de porțiuni de foraj ce s-ar exploata concomitent în perioada de timp dată, cu $n_i$ numărul de conținuturi medii mai mici decît 0,25 % Cu și cu $N_i$ numărul total de conținuturi medii obținute în varianta $i$, riscul nerealizării valorii de 0,25 % Cu se calculează cu relația:

$$r_i = \frac{n_i}{N_i} \cdot 100, \ \%.$$

Acest fel de calcule se pot face cu ușurință, implicînd numai un volum mai mare de muncă în ceea ce privește combinarea punctelor de exploatare concomitentă.

Evident, este necesar să se facă în prealabil o analiză tehnică în ceea ce privește numărul treptelor ce pot fi deschise pentru o exploatare concomitentă, iar combinările necesare să se facă numai între porțiunile de foraj din aceste trepte.

Să presupunem că într-un caz real s-au obținut riscurile notate în tabelul 5 pentru un conținut mediu limită de 0,25 % Cu.

Evident, tabelul 5 se poate completa pentru diferite variante ale conținuturilor medii minime posibil de acceptat pentru alimentarea uzinelor de preparare.

*Tabelul 5*

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r$, % | 60 | 54 | 47 | 42 | 36 | 31 | 27 | 23 | 19 | 15 | 11 | 8 | 5 | 3 |

Aceste informații permit luarea unor decizii raționale în ceea ce privește programarea producției miniere.

Spre exemplu, dacă se acceptă un risc de 10 % de nerealizare a cel puțin unui conținut mediu de 0,25 %, atunci va fi necesar să fie organizate 11—12 puncte de extracție într-un schimb.

Cantitatea de minereu rezultată din aceste 11—12 puncte de extracție va asigura, cu o probabilitate minimă de 90 %, realizarea unui conținut mediu de cel puțin 0,25 % Cu.

Pentru cele 11—12 puncte de exploatare concomitentă se poate calcula și rezerva de minereu posibil de extras într-o zi.

Dacă echidistanța rețelei de foraje este de 50 m, atunci lungimea cumulată a fronturilor

de extracție va fi cuprinsă între 550 și 600 m. Pentru înălțimea treptei carierei de 20 m, o înaintare de 10 m și o greutate volumetrică de 3 t/m³, rezultă o extracție zilnică de 360 000 t sau 10 800 000 t/an, considerînd numai 300 zile lucrătoare.

Am realizat, în acest model, o nouă metodă de apreciere a capacității de producție folosind în locul unui criteriu economic unul calitativ dar cu eficiență economică indirectă.

## V. Analiza și optimizarea pragurilor de rentabilitate a exploatărilor miniere în funcție de momentul punerii în exploatare

Ne propunem a efectua o analiză a cheltuielilor convențional fixe, cheltuielilor variabile, cheltuielilor de amortizare și a valorii metalelor, în vederea determinării capacității de producție care conduce la beneficiu $\pm 0$ (prag de rentabilitate) la un anumit moment al punerii în exploatare a rezervelor.

Evident că diferitele categorii de cheltuieli, cît și valoarea tonei de metal vor varia în timp în funcție de conjunctura economică mondială și națională.

Aceasta va conduce și la o variație a valorii pragului de rentabilitate.

Este util de estimat aprioric, pe baza unor studii de prognoză, valoarea pragului de rentabilitate a exploatării unei rezerve la un moment dat.

Prognozarea variației dinamice a pragului de rentabilitate va conduce la luarea celor mai bune decizii, fie în ceea ce privește momentul punerii în exploatare, fie, dacă exploatarea începe la momentul actual, asupra programului de dezvoltare a capacității minei.

Pentru rezolvarea problemei este necesar să se determine, în primul rînd, funcțiile care aproximează cel mai bine, în sensul metodei celor mai mici patrate, variația empirică a categoriilor de cheltuieli considerate.

Separarea cheltuielilor convențional fixe de cele variabile se face după o anumită cheie, analizînd detaliat cheltuielile elementare (cheltuielile cu energia electrică, manopera, utilajele etc.).

În studiile practice efectuate s-au obținut variații ale acestor categorii de cheltuieli cu producția destul de continue, făcînd posibilă găsirea celor mai bune funcții de aproximare.

Astfel, pentru cheltuielile convențial fixe se poate utiliza relația:

$$F = a + bx[1 - e^{-cx^n}]$$

unde $a$, $b$, $c$, $n$ sînt constante ce trebuie determinate pe baza datelor statistice, iar $x$ este capacitatea anuală de producție.

Graficul unei funcții de acest fel este o curbă sub formă de „$S$", care pornește de la o anumită valoare $F = a$ pentru o capacitate de producție $x = 0$, ceea ce este natural deoarece pentru punerea în funcțiune a unei exploatări miniere se fac unele cheltuieli independente de capacitatea de producție.

Odată cu creșterea capacităților de producție pentru atingerea capacității de profil sau a unor capacități mai mari necesitate de dezvoltări, [illegible] cheltuieli de structură fixe. În aceste cheltuieli de structură formă, cheltuielile efectuate [illegible] minereului la capacitatea stabilită.

Cheltuielile variabile depind direct de capacitatea anuală de producție, fiind proporționale cu acestea.

Se poate accepta o reprezentare sub forma unei ramuri de parabolă:

$$G^2 = 2px \quad \text{sau} \quad G = qx^{\frac{1}{2}}.$$

Ultima categorie de cheltuieli considerate (cheltuielile de amortizare) sînt direct proporționale cu producția:

$$H = rx.$$

O analiză detaliată a acestor categorii de cheltuieli și modul practic de determinare a constantelor $a$, $b$, $c$, $n$, $q$, $r$, pe baza unui șir de date empirice culese din evidențele unor exploatări miniere, s-a făcut în lucrarea [2].

Aici vom da numai un exemplu practic de calcul al pragului de rentabilitate și vom face unele considerații noi vizînd estimarea valorilor pragurilor de rentabilitate la diferite momente de timp.

Să presupunem că în urma analizei datelor de observație am obținut următoarele relații:

$$F = 15 + 40\ x(1 - e^{-10x^3});$$

$$G = 80x^{\frac{1}{2}};$$

$$H = 20x,$$

unde $x$ este capacitatea anuală de producție, în milioane tone, iar cheltuielile se obțin în milioane lei.

Funcția cheltuielilor totale se poate scrie sub forma finală:

$$Y = 15 + 60x + 80x^{\frac{1}{2}} - 40xe^{-10x^3},$$

sau:

$$Y = 15 + x(60 + 80x^{-\frac{1}{2}} - 40e^{-10x^3}).$$

Notînd cu $v$ prețul de vînzare al tonei extrase, valoarea producției anuale va fi $vx$, iar beneficiul anual:

$$B_{an}(x) = vx - Y.$$

Prețul de vînzare depinde, evident, de calitatea rezervei de minereu, adică de cantitatea de metal extractibil din tona de minereu.

Pentru o rezervă $R$ și o capacitate anuală de producție $x$, durata exploatării va fi:

$$T = \frac{R}{x}.$$

Rezultă un beneficiu total pînă la epuizarea rezervei:

$$B_T(x) = vxT - YT \text{ sau } B_T(x) = vR - Y\frac{R}{x}.$$

Dacă considerăm $v = 150$ lei/tonă și $R = 40$ mil. tone, rezultă, pentru exemplul considerat, un beneficiu total (în mil. lei):

$$B_T(x) = 6\,000 - \frac{40}{x}(15 + 60x + 80x^{1/2} - 40x\, e^{-10x^3}).$$

Pragul de rentabilitate al exploatării rezervei $R = 40$ mil. tone se definește ca acea capacitate de producție pentru care beneficiul este nul adică $B_T(x) = 0$.

Rezolvarea unei astfel de ecuații nu se poate face decît numeric sau grafic. Pentru aceasta se scrie ecuația sub forma:

$$15 + 60x + 80x^{1/2} - 40x\, e^{-10x^3} = 150x.$$

Se calculează cele două funcții din membrul stîng și drept pentru diferite variante ale lui $x$ și se determină acea valoare a lui $x$ pentru care se obține egalitate. Grafic, pragul de rentabilitate rezultă ca intersecție a celor două curbe corespunzătoare. În figura 1 se construiesc grafice corespunzătoare acestor funcții.

Abscisa punctului de intersecție indică valoarea pragului de rentabilitate:

$$x_0 = 1{,}10 \text{ mil. tone.}$$

Pragul de rentabilitate, determinat pentru exploatarea rezervei de minereu considerată, corespunde condițiilor economice actuale sau a unor condiții previzibile la un anumit moment.

Se pot calcula beneficiile totale $B_T(x)$ ce se pot realiza în condițiile economice actuale.

Evident, dacă diferitele categorii de cheltuieli (materiale, energie, forță de muncă etc.) sau valoarea metalelor din minereul considerat variază în timp, în mod corespunzător va varia și pragul de rentabilitate al exploatării rezervei.

În scopul luării celor mai bune decizii în ceea ce privește dezvoltarea exploatării rezervelor unui zăcămînt, este util să se facă o analiză a modului de variație a pragului de rentabilitate cu variația previzibilă a cheltuielilor și valorii producției.

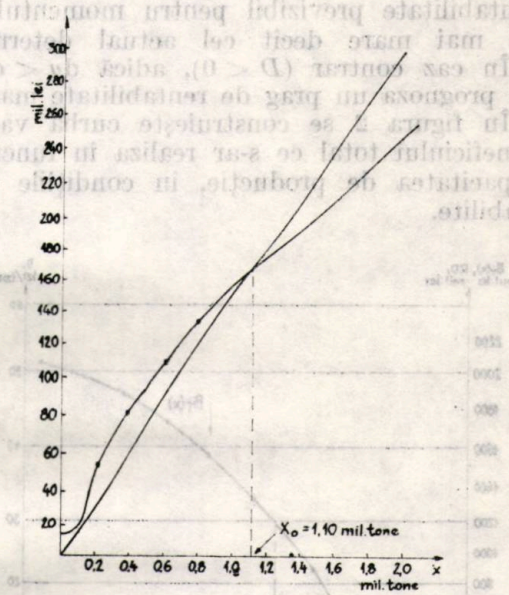



Fig. 1. Determinarea grafică a pragului de rentabilitate

Să presupunem că pentru un anumit moment $t$ din viitor s-a prognozat o variație $dv$ a valorii tonei de minereu față de valoarea actuală și o variație $dy$ a cheltuielilor unitare de extracție.

S-au notat prin $y$ aceste cheltuieli unitare:

$$y = \frac{Y}{x}.$$

Valoarea tonei produse la momentul $t$ va fi $v + dv$ iar cheltuielile unitare de producție $y + dy$.

Va rezulta un beneficiu total pînă la epuizarea rezervei $R$, calculat pe baza datelor de prognoză de la momentul $t$ (momentul punerii în exploatare) dat de relația:

$$B_T(x, t) = R(v + dv) - (y + dy)xT =$$

$$= Rv - YT + (Rdv - xTdy),$$

sau:

$$B_T(x, t) = B_T(x) - R(dy - dv).$$

Prin urmare, beneficiul total calculat pe baza cifrelor de prognoză pentru momentul $t$ rezultă prin corectarea beneficiului total calculat în condițiile actuale cu cantitatea $R(dy - dv)$.

Notînd variația previzionată $dy - dv$ prin $D$ avem:

$$B_T(x, t) = B_T(x) -$$

Dacă valoarea de prognoză $D > 0$, atunci $dy > dv$, ceea ce înseamnă că s-a prevăzut o creştere a cheltuielilor unitare mai mare decît creşterea valorii tonei de minereu.

În acest caz este de aşteptat ca pragul de rentabilitate previzibil pentru momentul $t$ să fie mai mare decît cel actual determinat.

În caz contrar ($D < 0$), adică $dy < dv$, se va prognoza un prag de rentabilitate mai mic.

În figura 2 se construieşte curba variaţiei beneficiului total ce s-ar realiza în funcţie de capacitatea de producţie, în condiţiile iniţial stabilite.

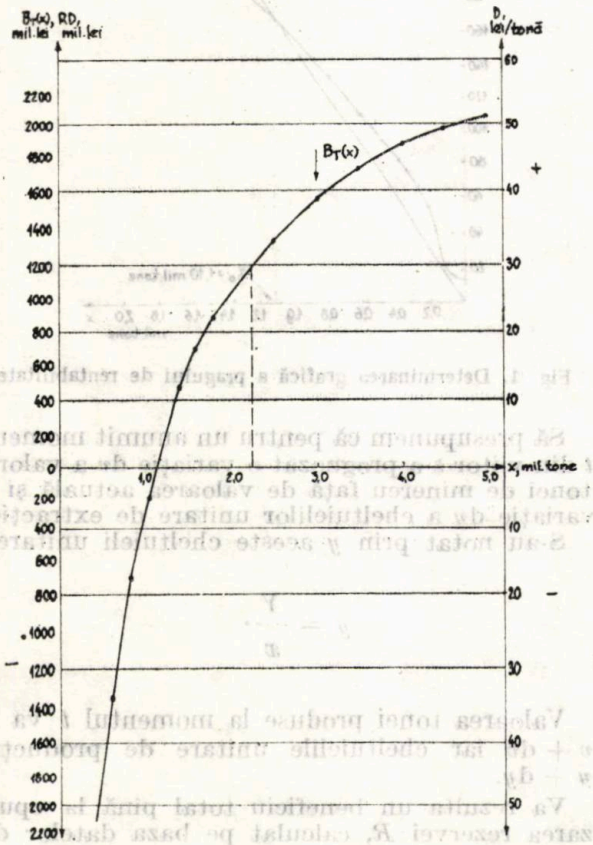



Fig. 2. Variaţia beneficiului total cu capacitatea de producţie

Pragul de rentabilitate la momentul $t$ este dat de relaţia:

$$B_T(x, t) = 0,$$

adică:

$$B_T(x) = RD.$$

Aceasta înseamnă că pragul de rentabilitate la momentul prognozei $t$ va fi dat de abscisa punctului de intersecţie a curbei beneficiilor totale în condiţii actuale cu dreapta paralelă cu axa absciselor dusă prin ordonata de valoare $D$.

Scara valorilor de prognoză $D$ este trasată în dreapta graficului aşa fel încît produsele $RD$ să se citească pe aceeaşi scară cu scara beneficiilor (axa verticală stîngă). Spre exemplu, dacă se prevede pentru momentul $t$ o variaţie cumulată a cheltuielilor şi valorii tonei de minereu de 30 lei/t, atunci pentru rezerva totală $R$=40 mil. tone vom avea $RD$=1 200 mil. lei.

Capacitatea de producţie care realizează egalizarea beneficiului total cu valoarea $RD$ = = 1200 mil. lei este $x_0 = 2{,}24$ mil. tone.

Această capacitate de producţie va fi pragul de rentabilitate la momentul $t$ de prognoză.

Pentru diferite valori ale lui $D$, cuprinse între —50 şi 50 lei/t, se obţine o variaţie a pragului de rentabilitate ca cea prezentată în figura 3.

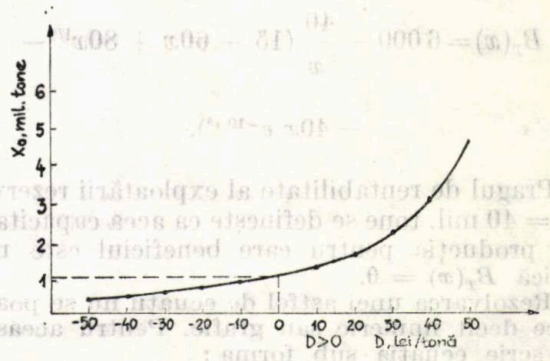



Fig. 3 Variaţia pragului de rentabilitatea în funcţie de variaţia cheltuielilor şi valorii tonei de minereu

Evident, rezultatele obţinute aici sînt valabile în condiţiile exemplului considerat.

Pentru fiecare caz concret este necesar să se efectueze o astfel de analiză completă, care va permite luarea celor mai raţionale decizii privind punerea în exploatare a unei rezerve de minereu la un anumit moment dat, pe baza unor studii de prognoză a costurilor de producţie şi a valorii metalelor din minereul considerat.

### Bibliografie


[1] Zorilescu, D. *Metode matematice de analiză şi decizie în geologie şi minerit.* Ed. Academiei R.S.R., 1972.

[2] Duma, Ş., Zorilescu, D. *Prognoza resurselor de materii prime minerale.* Ed. tehnică, 1975.

[3] Blondel, F. *Zum Begriff der „Vorrate" einer Minerallagerstatte.* Z. Erzberggb. Metallhuttenw. nr. 11, 1958.

[4] Siegfried von Wahl *Uberlgegungen und Rechungen zur Frage der gunstigsten Grosse von Grubenbetrieben.* Glückuf, Forschungshefte, 28 Jahrgang H., 1967.

# Rezistența elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (I)

Prof. dr. ing. A. Pavel
Institutul de petrol și gaze Ploiești

## I. Generalități

Din punct de vedere constructiv, coloanele de tubare cu diametre mari sînt structuri tubulare mixte, rigidizate transversal cu cintre exterioare, a căror prezentare detaliată s-a făcut în lucrarea [2]. În timpul operațiilor de lansare în sondă cu sau fără șiu închis, de asemenea în timpul operațiilor de cimentare și de golire a puțului, de la caz la caz, structurile tubulare respective pot fi solicitate la:

1) *întindere sau compresiune transversală* (multiradială, multidiametrală), corespunzătoare acțiunii presiunilor (fig. 1) interioară, exterioară sau diferențială (interioară și exterioară), care, de la situație la situație, pot fi uniforme, hidrostatice sau litostatice, respectiv statice (constante în timp) și variabile (cu acțiune de scurtă durată) sau dinamice (cu acțiune instantanee, intempestivă);

2) *întindere sau compresiune longitudinală* (axială), corespunzătoare acțiunii cîmpului gravific terestru, respectiv acțiunii centrice a sarcinilor masice (proprii, adăugate, perturbatoare etc. — fig. 2);

3) *încovoiere pură sau/și oblică*, corespunzătoare acțiunilor specifice (efect de consolă, compresiune necentrică, îngrădiri ale deplasărilor libere etc.) generate de imperfecțiunile configurației geometrice (devieri, praguri — dealtfel, inevitabile — fig. 3) a sondei, eventualele deplasări și umflări ale straturilor traversate etc.;

4) *răsucire*, corespunzătoare unor manevre și manipulări neconforme, lansări forțate, accidente de teren ș.a.

Evident, solicitările enumerate se pot manifesta în mod distinct sau combinat, în alternative dintre cele mai puțin așteptate.

Dat fiindu-le caracterul lor extraordinar, într-o primă abordare, solicitările de răsucire și cele datorite acțiunilor litostatice, de asemenea solicitările datorite unor stări de avarie (cu sau fără accident), nu se vor lua în considerație, studiile urmînd a fi efectuate în domeniul comportării elastice a materialelor (pentru care $\sigma_{max} < \sigma_c = \sigma_{0,2}$, $\sigma_{max}$ fiind efortul unitar normal maxim, în general, în N/mm², iar $\sigma_c = \sigma_{0,2}$ reprezentînd limita tehnică de curgere a materialelor tehnice date, în N/mm²).

Mărimile geometrice reprezentative și cele dimensionale principale privind coloanele de tubare cu diametre mari sînt redate în figurile 1 și 4.

## II. Teoria generală a coloanelor de tubare cu diametre mari

Din punctul de vedere al criteriului dimensional, în formularea lui Galimov [4], întrucît, de regulă, se îndeplinește restricția:

$$max.\ (2s/D_m) \ll 1, \qquad (1)$$

coloanele de tubare cu diametre mari sînt structuri tubulare de tipul învelișurilor cilindrice cu perete subțire, respectiv al învelișurilor cilindrice subțiri rigidizate transversal [3]. În practica inginerească, prin convenție, asemenea structuri se pot considera subțiri — cu o eroare de cel mult 5% — atunci cînd [3]:

$$max.\ (s/D_m) \leqslant 1/40 = 0{,}025 \rightarrow 2{,}5\%, \qquad (2)$$

pentru care deci:

$$max.\ (D_e/D_i) \leqslant 1{,}05 \rightarrow 5{,}0\%, \qquad (3)$$

cele mai utilizate fiind coloanele de tubare cu diametre mari pentru care se îndeplinește condiția: $2s/D_m \in [0{,}010\ ;\ 0{,}020]$, respectiv $s/D_m \in [0{,}005\ ;\ 0{,}010]$. De remarcat, însă, că, în studiile teoretice de fundamentare, structurile tubulare în discuție se numesc subțiri numai dacă $(2s/D_m) \sim \varepsilon_{10}$, $\varepsilon_{10}$ fiind lungirea specifică maximă, eventual în %, în domeniul de proporționalitate al materialului de bază utilizat.

De asemenea, prin convenție, structurile tubulare de tip înveliș și, deci, coloanele de tubare cu diametre mari se numesc pleoștite atunci cînd, după Vlasov [6], săgeata lor maximă nu depășește $1/5 = 0{,}20 \rightarrow 20\%$ din deschiderea minimă, respectiv din dimensiunea lor minimă în plan sau, după Reissner [5], panta tangentei geometrice la suprafața lor mediană nu depășește 1/8 rad = 7,16 grd → → circa 7 grd.

Dacă coloanele în studiu ar fi fost infinit de subțiri ($s \rightarrow 0$), atunci comportarea lor la deformare s-ar fi putut caracteriza complet cu ajutorul noțiunilor cunoscute din lucrările de geometrie diferențială a suprafețelor. Cum aceste structuri au o grosime definită ($s \neq 0$), oricare și oricît de mică modificare de formă a lor, chiar cînd aceasta este însoțită de transformarea izometrică a suprafeței mediane, se soldează cu apariția deformațiilor de încovoiere, care sînt neuniforme pe grosimea $s$ și de care

trebuie neapărat să se țină seama în calcule. Din acest punct de vedere, coloanele de tubare cu diametre mari se pot grupa în:

● coloane cu deplasări (săgeți) mici sau cu deformații mici, pentru care deplasările sînt foarte mici față de grosimea de perete, respectiv deformațiile specifice sînt mult mai mici decît unitatea;

● coloane cu deplasări (săgeți) mari sau cu deformații mari, pentru

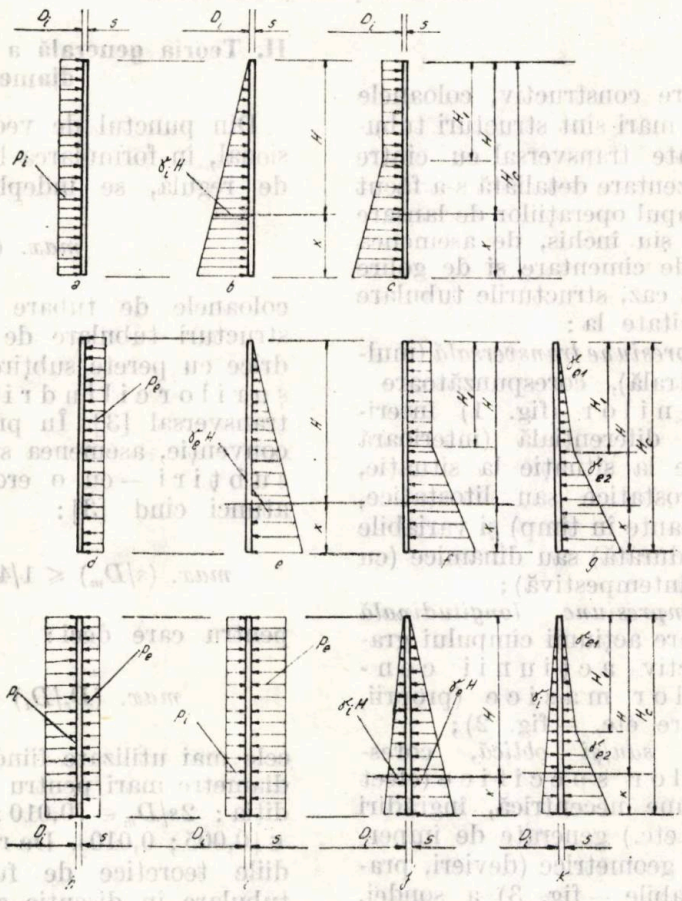


Fig. 1. Ipoteze de solicitare transversală, prin presurizarea uniformă multiradială, a coloanelor de tubare cu diametre mari: *a, b, c* — solicitarea la presiune interioară (*a* — uniformă; *b* — hidrostatică; *c* — uniformă la partea superioară și mixtă — uniformă și hidrostatică — la partea inferioară); *d, e, f, g* — solicitarea la presiune exterioară (*d* — uniformă; *e* — hidrostatică sau litostatică; *f* — uniformă la partea superioară și mixtă — uniformă și hidrostatică — la partea inferioară; *g* — hidrostatică, cu $\gamma_{e_1}$ la partea superioară și $\gamma_{e_2} > \gamma_{e_1}$ la partea inferioară); *h, i, j, k* — solicitarea la presiune diferențială (*h* — uniformă, cu $p_i > p_e$; *i* — uniformă, cu $p_i < p_e$; *j* — hidrostatică, cu $\gamma_i < \gamma_e$; *k* — hidrostatică, cu $\gamma_i \leq \gamma_e$, la partea superioară $\gamma_e \rightarrow \gamma_{e_1}$ și la partea inferioară $\gamma_e \rightarrow \gamma_{e_2} > \gamma_{e_1}$). Notații: $D_i$ — diametrul interior al peretelui de rezistență al coloanei de tubare, în mm; $s = s_1 - s_a$ — grosimea de rezistență a peretelui structurii tubulare date, în mm; $s_1$ — grosimea totală a peretelui structurii tubulare, în mm; $s_a$ — adaosul de grosime (pentru coroziune, oxidare, eroziune, compensarea toleranțelor negative etc.), în mm; $H_c$ — adîncimea (lungimea) coloanei de tubare, în mm; $H$ — adîncimea (lungimea) curentă a coloanei de tubare, în mm; $H_1$ — adîncimea (lungimea) tronsonului superior — cu $p_i$, $p_e$, $\gamma_i$, $\gamma_e$ = const. — al coloanei de tubare, în mm; $p_i$, $p_e$ — presiunile uniforme interioară și exterioară, în N/mm²; $p$, $p_{max}$ — presiunile de calcul (eventual maxime), în N/mm²; $\gamma_i$, $\gamma_e$ — greutatea volumică, în N/mm³, a fluidului din interiorul (indice *i*) și exteriorul (indice *e*) coloanei de tubare ($\gamma_{e_1}$ corespunde tronsonului superior, iar $\gamma_{e_2}$ — tronsonului inferior).

| Ipoteza de solicitare | Presiunea de calcul $p$, în N/mm² |
|---|---|
| *a* | $p = p_i = p_{max}$ |
| *b* | $p = \gamma_i H$<br>$p_{max} = \gamma_i H_c$ |
| *c* ($H \geq H_1$) | $p = p_i + \gamma_i (H - H_1)$<br>$p_{max} = p_i + \gamma_i (H_c - H_1)$ |
| *d* | $p = p_e = p_{max}$ |
| *e* | $p = \gamma_e H$<br>$p_{max} = \gamma_e H_c$ |
| *f* ($H \geq H_1$) | $p = p_e + \gamma_e (H - H_1)$<br>$p_{max} = p_e + \gamma_e (H_c - H_1)$ |
| *c* ($H < H_1$) | $p = p_i = p_{max}$ |
| *f* ($H < H_1$) | $p = p_e = p_{max}$ |
| *g* ($H \geq H_1$) | $p = \gamma_{e_1} H_1 + \gamma_{e_2} (H - H_1)$<br>$p_{max} = \gamma_{e_1} H_1 + \gamma_{e_2} (H_c - H_1)$ |
| *h* ($p_i > p_e$) | $p = p_i - p_e = p_{max} > 0$ |
| *i* ($p_e > p_i$) | $p = p_e - p_i = p_{max} > 0$ |
| *j* ($\gamma_e > \gamma_i$) | $p = (\gamma_e - \gamma_i) H$<br>$p_{max} = (\gamma_e - \gamma_i) H_c$ |
| *k* ($H \geq H_1$; $\gamma_{e_1} \geq \gamma_i$; $\gamma_{e_2} > \gamma_{e_1}$) | $p = (\gamma_{e_2} - \gamma_i) H - (\gamma_{e_2} - \gamma_{e_1}) H_1$<br>$p_{max} = (\gamma_{e_2} - \gamma_i) H_c - (\gamma_{e_2} - \gamma_{e_1}) H_1$ |
| *g* ($H < H_1$) | $p = \gamma_{e_1} H$<br>$p_{max} = \gamma_{e_1} H_1$ |
| *k* ($H < H_1$; $\gamma_e \geq \gamma_i$) | $p = (\gamma_{e_1} - \gamma_i) H$<br>$p_{max} = (\gamma_{e_1} - \gamma_i) H_1$ |

care deplasările sînt comparabile cu (sau mari față de) grosimea de perete, respectiv deformațiile specifice (mari) sînt comparabile cu unitatea.

Teoria structurilor tubulare de tipul învelișurilor subțiri se fundamentează pe

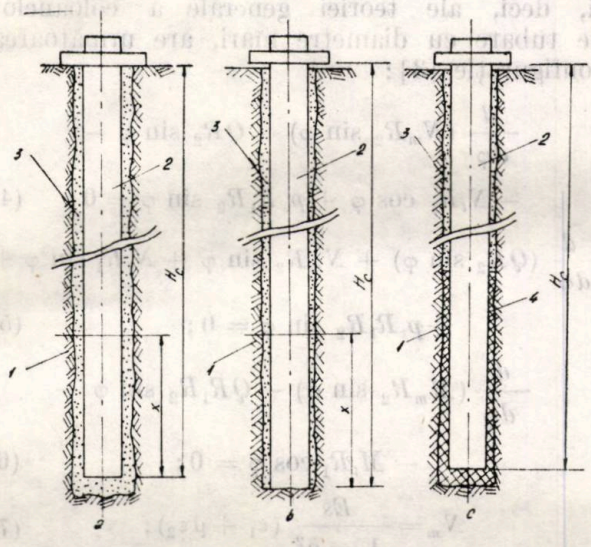


Fig. 2. Ipoteze de solicitare longitudinală, sub acțiunea cîmpului gravific terestru, a coloanelor de tubare cu diametre mari :

*a* — solicitarea la întindere (coloana este atîrnată) ; *b* — solicitarea la compresiune totală sau parțială (coloana se reazemă pe talpa sondei) ; *c* — solicitarea tronsonului superior la compresiune, tronsonul inferior fiind cimentat ; *1* — sonda propriu-zisă ; *2* — coloana de tubare cu diametru mare ; *3* — fluidul de lucru ; *4* — zona cimentată.

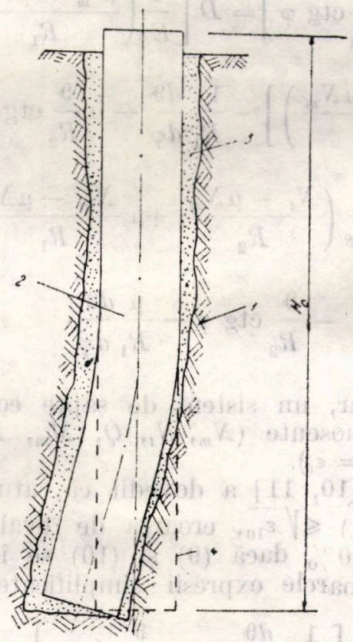


Fig. 3. Ipoteză de solicitare la încovoiere mixtă (pură și oblică), ca efect al devierii sondei, a coloanei de tubare cu diametru mare :

*1* — sonda propriu-zisă ; *2* — coloana tubulară ; *3* — fluidul de lucru ; *4* — traseul nedistorsionat al coloanei de tubare.

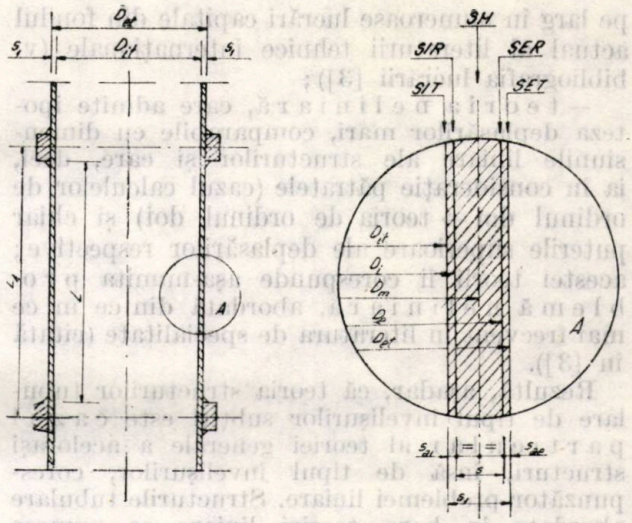


Fig. 4. Mărimile dimensionale principale :

$D_{it}$, $D_{et}$ — diametrele interior și exterior tehnologice, în mm ; $D_i$, $D_m$, $D_e$ — diametrele interior, mediu și exterior ale peretelui de rezistență, în mm ; $s_1$ — grosimea totală a peretelui, în mm ; $s$ — grosimea de rezistență a peretelui tubulaturii, în mm ; $s_a$, $s_{ai}$, $s_{ae}$ — adaosurile de grosime total, interior și exterior, în mm ; $L_1$ — distanța dintre cintre, respectiv pasul (echidistant) al cintrelor, în mm ; $L$ — lungimea panoului tubular neted (nerigidizat), în mm ; *SIT*, *SET* — suprafețele interioară și exterioară tehnologice ; *SIR*, *SER* — suprafețele interioară și exterioară ale peretelui de rezistență ; *SM* — suprafața mediană a peretelui de rezistență. Relațiile de corelare : $s_1 = s + s_a = s + (s_{ai} + s_{ae})$ ; $D_{et} = D_e + 2s_{ae} = D_m + s + 2s_{ae} = D_i + 2s + 2s_{ae} = D_{it} + 2s_1$ ; $D_m = 0{,}5\,(D_i + D_e)$.

ipoteza Kirchhoff-Love [7], care se formulează astfel * [3] : 1) elementul liniar drept și normal la suprafața mediană nedeformată rămîne liniar drept și normal la suprafața mediană deformată, fără a-și modifica lungimea în procesul deformării suprafeței mediane, rezultînd $s$ = const. și 2) eforturile unitare normale $\sigma$ perpendiculare pe suprafața mediană sînt neglijabil de mici în comparație cu toate celelalte eforturi unitare. Această teorie** se mai numește teoria clasică, spre deosebire de teoria generală modernă a structurilor tubulare de tip înveliș, care include :

— teoria liniară, care admite ipoteza deplasărilor infinit mici ale punctelor structurii, ceea ce permite — cu suficientă precizie din punctul de vedere al rigurozității matematice — să fie neglijate pătratele și puterile superioare ale deplasărilor respective în comparație cu primele lor puteri ; acestei teorii îi corespunde așa-numita problemă liniară, expusă

* În Rezistența materialelor, ipotezei Kirchhoff—Love îi corespunde ipoteza Bernoulli, pe care se fundamentează teoria încovoierii barelor.

** În general, teorie clasică se aplică nu numai structurilor de tip înveliș definite prin condițiile (1)—(3), ci și structurilor de același tip pentru care $(2s/D_m) \approx (1/5) \ldots (1/3) = 0{,}200 \ldots$ $\ldots 0{,}333$. Dealtfel, Novojilov și Finkelștein (v. Prikl. mat. i meh., 1943, vol. 7, nr. 4, p. 331—340) au demonstrat că, în teoria învelișurilor subțiri, eroarea corespunzătoare ipotezei Kirchhoff — Love este o mărime de ordinul $2s/D_m$ față de unitate.

pe larg în numeroase lucrări capitale din fondul actual al literaturii tehnice internaţionale (v. bibliografia lucrării [3]);

— t e o r i a n e l i n i a r ă, care admite ipoteza deplasărilor mari, comparabile cu dimensiunile liniare ale structurilor şi care, deci, ia în consideraţie pătratele (cazul calculelor de ordinul doi → teoria de ordinul doi) şi chiar puterile superioare ale deplasărilor respective; acestei teorii îi corespunde aşa-numita p r o b l e m ă n e l i n i a r ă, abordată din ce în ce mai frecvent în literatura de specialitate (citată în [3]).

Rezultă, aşadar, că teoria structurilor tubulare de tipul învelişurilor subţiri este c a z u l p a r t i c u l a r al teoriei generale a acelorași structuri, însă de tipul învelişurilor, corespunzător problemei liniare. Structurile tubulare abordate în baza teoriei liniare se numesc s t r u c t u r i t u b u l a r e f ă r ă m o m e n t (încovoietor), cărora le va corespunde, deci, aşa-numita t e o r i e f ă r ă m o m e n t, iar cele studiate în baza teoriei neliniare se numesc s t r u c t u r i t u b u l a r e c u m o m e n t (încovoietor), cărora le va corespunde, deci, aşa-numita t e o r i e c u m o m e n t. Au fost elaborate, de asemenea, t e o r i i t r a n z i t o r i i, care privesc aşa-zisele s t r u c t u r i t u b u l a r e c u s e m i m o m e n t.

Ecuaţiile fundamentale ale teoriei generale a coloanelor de tubulare cu diametre mari, la fel ca cele ale teoriei structurilor tubulare de tipul învelişurilor de revoluţie, includ ecuaţiile d e e c h i l i b r u, ecuaţiile g e o m e t r i c e (preluate din ecuaţiile deduse, în forma redusă, de către Reissner [5]) şi ecuaţiile f i z i c e (extrase din cele deduse de Vlasov [6], Novojilov [8], Goldenveizer [9] ş.a.). Evident, neliniaritatea teoriei abordate, în general, poate fi de natură geometrică sau fizică.

Conform teoriei generale a învelişurilor de revoluţie [3], se introduc următoarele notaţii noi: $R_1$, $R_2 < R_1$ — razele de curbură principale, în mm; $r$ — raza cercului paralel, în mm; $A_m$, $A_t$, $W_m$, $W_t$ — aria ($A$), în mm² şi modulul axial de rezistenţă ($W$), în mm³, ale secţiunii transversale de calcul a unui anumit element (perete etc.); $\varphi$ — deschiderea unui punct curent $M \in SM$, în rad sau grd; $\vartheta$ — rotirea elementului (meridianului) sau structurii, în rad; $\Delta r$ — variaţia (lungirea, scurtarea) razei cercului paralel, în mm; $\varepsilon_1 = \varepsilon_x = \varepsilon_m$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_y = \varepsilon_t$ — deformaţia specifică longitudinală şi, respectiv, inelară; $E$ — modulul de elasticitate longitudinal (modulul lui Young) al materialului peretelui structurii tubulare date, în N/mm²; $\mu$ — coeficientul de contracţie transversală (coeficientul lui Poisson) pentru materialul peretelui; $D = Es^3/12(1-\mu^2)$ — rigiditatea la încovoiere (rigiditatea cilindrică) a structurii tubulare de tipul învelişului de revoluţie, în N · mm; $N_x = N_m$, $N_y = N_t$, $Q$ — eforturile normale longitudinale ($N_m$) şi inelare ($N_t$), respectiv eforturile transversale ($Q$), din suprafaţa mediană, în N/mm; $M_m$, $M_t$ — momentele încovoietoare (interioare) longitudinale şi inelare în suprafaţa mediană, în (N · mm)/mm; $\sigma'_m = N_m/A_m = N_m/1 \cdot s$, $\sigma''_m = \pm M_m/W_m = \pm 6M_m/1 \cdot s^2$, $\sigma_m = \sigma'_m + \sigma''_m = N_m/s \pm 6M_m/s^2$ — eforturile unitare normale longitudinale (axiale), în N/mm²; $\sigma'_t = N_t/A_t = N_t/1 \cdot s$, $\sigma''_t = \pm M_t/W_t = \pm 6M_t/1 \cdot s^2$, $\sigma_t = \sigma'_t + \sigma''_t = N_t/s \pm 6M_t/s^2$ — efotrurile unitare normale inelare (circumferenţiale), în N/mm²; $\tau = Q/A_m = Q/1 \cdot s$ — efortul unitar transversal (tangenţial), în N/mm²; $p_x$, $p_z$ — presiunile (sarcinile unitare, forţele exterioare unitare) de calcul, care revin în lungul coordonatelor $x$ (longitudinal) şi $z$ (radial), în N/mm².

Sistemul ecuaţiilor generale ale teoriei structurilor tubulare de tipul învelişurilor de revoluţie cu grosimea de perete constantă ($s$=const.) şi, deci, ale teoriei generale a coloanelor de tubare cu diametre mari, are următoarea configuraţie [3]:

$$\frac{d}{d\varphi}(N_m R_2 \sin\varphi) - QR_2 \sin\varphi - N_t R_1 \cos\varphi + p_x R_1 R_2 \sin\varphi = 0; \quad (4)$$

$$\frac{d}{d\varphi}(QR_2 \sin\varphi) + N_m R_2 \sin\varphi + N_t R_1 \sin\varphi + p_z R_1 R_2 \sin\varphi = 0; \quad (5)$$

$$\frac{d}{d\varphi}(M_m R_2 \sin\varphi) - QR_1 R_2 \sin\varphi - M_t R_1 \cos\varphi = 0; \quad (6)$$

$$N_m = \frac{Es}{1-\mu^2}(\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2); \quad (7)$$

$$N_t = \frac{Es}{1-\mu^2}(\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1); \quad (8)$$

$$M_m = \frac{Es^3}{12(1-\mu^2)}\left[\frac{\varepsilon_1}{R_1} - \frac{1}{R_1}\frac{d\vartheta}{d\varphi} + \mu\frac{\varepsilon_2}{R_2} - \mu\frac{\vartheta}{R_2}\operatorname{ctg}\varphi\right] = D\left[\frac{1}{Es}\left(\frac{N_m - \mu N_t}{R_1} + \frac{N_t - \mu N_m}{R_2}\right)\right] - \frac{1}{R_1}\frac{d\vartheta}{d\varphi} - \mu\frac{\vartheta}{R_2}\operatorname{ctg}\varphi; \quad (9)$$

$$M_t = D\left[\frac{1}{Es}\left(\frac{N_t - \mu N_m}{R_2} + \mu\frac{N_m - \mu N_t}{R_1}\right)\right] - \frac{\vartheta}{R_2}\operatorname{ctg}\varphi - \frac{\mu}{R_1}\frac{d\vartheta}{d\varphi}, \quad (10)$$

fiind, aşadar, un sistem de şapte ecuaţii cu şapte necunoscute ($N_m$, $N_t$, $Q$, $M_m$, $M_t$, $\varepsilon_1 = \varepsilon_m$ şi $\varepsilon_2 = \varepsilon_t$).

Muştari [10, 11] a dovedit că, atunci cînd $max.\ (s/D_m) \leqslant \sqrt{\varepsilon_{10}}$, eroarea de evaluare nu depăşeşte 10% dacă (9) şi (10) se înlocuiesc prin următoarele expresii simplificate:

$$M_m = -D\left[\frac{1}{R_1}\frac{d\vartheta}{d\varphi} + \mu\frac{\vartheta}{R_2}\operatorname{ctg}\varphi\right]; \quad (11)$$

$$M_t = -D\left[\frac{\mu}{R_1}\frac{d\vartheta}{d\varphi} + \frac{\vartheta}{R_2}\operatorname{ctg}\varphi\right]. \quad (12)$$

Pentru a evidenția sugestiv importanța practică a restricției lui Mușțari, se consideră un oțel cu limita tehnică de proporționalitate $\sigma_{10} = 250$ N/mm$^2$ $< \sigma_{0,2}$ și $E = 21 \cdot 10^4$ N/mm$^2$, pentru care $\varepsilon_{10} = \sigma_{10}/E = 250/21 \cdot 10^4 = 0{,}00119$, rezultînd $\sqrt{\varepsilon_{10}} = \sqrt{0{,}00119} = 0{,}0345$. Așadar, formulele (11), (12) conduc — în cazul considerat — la rezultate satisfăcătoare (cu erori sub 10%) pentru *max.* $(s/D_m) \leqslant 0{,}0345$, respectiv *max.* $(s/0{,}5\ D_m) \leqslant 2 \cdot 0{,}0345 = 0{,}069 \rightarrow 0{,}07$, ceea ce, practic, acoperă întregul sortiment tipodimensional al coloanelor de tubare cu diametre mari. Evident, pentru oțelurile cu $\sigma_{10} > 250$ N/mm$^2$, $\varepsilon_{10}$ va crește, ceea ce va face ca satisfacerea restricției lui Mușțari să fie și mai bine asigurată. Iată de ce, în continuare, pentru evaluarea eforturilor $M_m$ și $M_t$ vor fi utilizate numai formulele simplificate (11), (12).

Ecuațiile (4)—(6) sînt ecuații de echilibru, iar ecuațiile (7)—(10), respectiv (11), (12), sînt ecuațiile teoriei cu moment.

În teoria fără moment, conform căreia $(M_m,\ M_t) \rightarrow 0$, din (6) rezultă imediat că $Q \rightarrow 0$ și sistemul ecuațiilor de echilibru (4)—(6) capătă următoarea nouă structură:

$$\frac{d}{d\varphi}(N_m R_2 \sin\varphi) - N_t R_1 \cos\varphi + p_z R_1 R_2 \sin\varphi = 0; \qquad (13)$$

$$N_m R_2 + N_t R_1 + p_z R_1 R_2 = 0, \qquad (14)$$

nsformîndu-se, astfel, într-un sistem — ușor olvabil — de două ecuații cu numai două cunoscute ($N_m \rightarrow \sigma_m$ și $N_t \rightarrow \sigma_t$). Acest urmă sistem cuprinde așa-numitele ecuații fundamentale ale teoriei fără moment, respectiv:

*ecuație de echilibru a elementului de coloană lară*, numită de asemenea ecuația lui lace, obținută din (14) după împărțirea $R_1R_2$ și operarea substituției firești $R_1 = \infty$:

$$= -p_z R_2;\ \sigma_t' = -p_z R_2/s; \qquad (15), (16)$$

*ecuația de echilibru a zonei de coloană lară*, obținută din ecuația diferențială (13), i ce aceasta din urmă se adună cu ecuația multiplicată cu cos $\varphi$ și se integrează în valul deschiderilor $\varphi_0 \rightarrow x_0$ (conturul er) și $\varphi \rightarrow x$ (conturul curent), ndu-se substituțiile care se impun $R_1 d\varphi = $ și $\varphi = \pi/2 = \text{const.}$:

$$N_m = \frac{P_0}{2\pi R_2} - \frac{1}{R_2}\int_{x_0}^{x} p_x R_2 dx; \qquad (17)$$

$$\sigma_m' = \frac{P_0}{2\pi R_2 s} - \frac{1}{R_2 s}\int_{x_0}^{x} p_x R_2 dx, \qquad (18)$$

care $P_0$, în N, reprezintă rezultanta einilor uniforme sau a eforturilor uniforme ce in conturului transversal liber sau acționează conturul transversal respectiv.

Pentru $\varphi_0 = 0$ și $P_0 = 0$ (cînd conturul liber lipsește), introducîndu-se notațiile:

$$I(\varphi) = \int_{\varphi_0}^{\varphi} R_1 R_2 (p_x \sin\varphi + p_z \cos\varphi)\sin\varphi\, d\varphi\ [\text{N}];$$

$$\Phi(\varphi) = \frac{d}{d\varphi}\left[\left(\mu + \frac{R_2}{R_1}\right)\frac{I(\varphi)}{\sin^2\varphi} - R_2^2 p_z\right] + \left(\mu + \frac{R_1}{R_2}\right)\frac{I(\varphi)\cos\varphi}{\sin^3\varphi} + \left(\mu + \frac{R_2}{R_1}\right)\left[\frac{I(\varphi)}{\sin^2\varphi} - R_1 R_2 p_z\right]\operatorname{ctg}\varphi$$

și $V = QR_2$ [N],
în teoria cu moment se obține:

$$N_m = -Q\operatorname{ctg}\varphi - \frac{I(\varphi)}{R_2 \sin^2\varphi}; \qquad (19)$$

$$N_t = -\frac{1}{R_1}\frac{dV}{d\varphi} + \frac{I(\varphi)}{R_1 \sin^2\varphi} - p_z R_2, \qquad (20)$$

sistemul ecuațiilor diferențiale ale teoriei cu moment, cu numai două necunoscute ($V$ și $\vartheta$), avînd configurația [3]:

$$\frac{R_2}{R_1}\frac{d^2V}{d\varphi^2} + \left[\frac{d}{d\varphi}\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{R_2}{R_1}\operatorname{ctg}\varphi\right]\frac{dV}{d\varphi} - \left[\frac{R_1}{R_2}\operatorname{ctg}^2\varphi - \mu\right]V = Es R_1 \vartheta + \Phi(\varphi); \qquad (21)$$

$$\frac{R_2}{R_1}\frac{d^2\vartheta}{d\varphi^2} + \left[\frac{d}{d\varphi}\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{R_2}{R_1}\operatorname{ctg}\varphi\right]\frac{d\vartheta}{d\varphi} - \left(\frac{R_1}{R_2}\operatorname{ctg}^2\varphi + \mu\right)\vartheta = -\frac{R_1}{D}V. \qquad (22)$$

Alături de notațiile și conceptele cunoscute $\varepsilon_1 = \varepsilon_x = \varepsilon_m$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_y = \varepsilon_t$, $\vartheta$ și $\Delta r$, în plus, se mai introduc următoarele notații și concepte: $u$ — deplasarea după direcția axei $x$, adică longitudinală, a unui punct $M \in SM$, în mm; $v$ — deplasarea după direcția axei $z$, adică radială→diametrală, a aceluiași punct $M \in SM$, în mm; $\Delta$ — deplasarea axială (longitudinală) a coloanei tubulare, în ansamblul său, în mm. Evident, mărimile de tip $\varepsilon$ sînt deformații (specifice), iar celelalte mărimi ($u, v, \vartheta, \Delta r$) sînt deplasări, uneori $\Delta r$ putînd avea și semnificația unei deformații liniare.

După cum se cunoaște, ecuațiile care redau relațiile cantitative dintre eforturi (eventual unitare) și deformații sau deplasări se numesc ecuații fizice, în cazul de față, acestea fiind următoarele [3]:

$$\varepsilon_m = \frac{1}{Es}(N_m - \mu N_t) = \frac{1}{E}(\sigma_m' - \mu\sigma_t'); \qquad (23)$$

$$\varepsilon_t = \frac{1}{Es}(N_t - \mu N_m) = \frac{1}{E}(\sigma_t' - \mu\sigma_m'); \qquad (24)$$

$$u = C\sin\varphi + \sin\varphi\int\frac{\varepsilon_m R_1 - \varepsilon_t R_2}{\sin\varphi}\,d\varphi; \qquad (25)$$

$$v = C\cos\varphi + \cos\varphi\int\frac{\varepsilon_m R_1 - \varepsilon_t R_2}{\sin\varphi}\,d\varphi - \varepsilon_t R_2; \qquad (26)$$

$$\Delta = C + \int\frac{\varepsilon_m R_1 - \varepsilon R_2}{\sin\varphi}\,d\varphi - \varepsilon_t R_2\cos\varphi; \qquad (27)$$

$$\Delta r = \varepsilon_t R_2 \sin\varphi = \varepsilon_t r =$$

$$= -\frac{R_2\sin\varphi}{Es}(N_t - \mu N_m) =$$

$$= -\frac{R_2\sin\varphi}{E}(\sigma_t' - \mu\sigma_m'); \qquad (28)$$

$$\vartheta = \left(\varepsilon_m - \frac{R_2}{R_1}\varepsilon_t\right)\operatorname{ctg}\varphi -$$

$$-\frac{1}{R_1}\frac{d}{d\varphi}(\varepsilon_t R_2), \text{ [rad]} \qquad (29)$$

în care $C$ este o constantă de integrare, care are semnificaţia unei deplasări longitudinale, în mm, a coloanei tubulare, în ansamblul său. În mod obişnuit, în calculele practice, $\Delta r$ se consideră negativ ($\Delta r < 0$) atunci cînd reprezintă o creştere a razei $r$ a paralelei (din care motiv a apărut semnul minus în relaţia corespunzătoare) şi pozitiv ($\Delta r > 0$) atunci cînd reprezintă o diminuare a aceleiaşi raze $r$. Deoarece corelează cantitativ mărimile fizice $\vartheta$, $\varepsilon_m$ şi $\varepsilon_t$, ecuaţia (29) se mai numeşte ecuaţia de simultaneitate. De remarcat că, întrucît rodau relaţii pur geometrice, ecuaţiile fizice (25), (26), (27), (28) — prima parte şi (29) sînt valabile atît în teoria fără moment, cît şi în teoria cu moment.

Aşadar, în alternativa generală a teoriei cu moment, rezolvînd sistemul ecuaţiilor diferenţiale (21) şi (22), se determină mărimile $V$ şi $\vartheta$, iar apoi, cu ajutorul acestora din urmă, se calculează eforturile $N_m$, $N_t$, $Q$ şi, respectiv, $M_m$, $M_t$, cu formulele corespunzătoare (19), (20), $Q = V/R_2$, (11) şi (12). În continuare, se pot evalua imediat deformaţiile specifice $\varepsilon_m$ şi $\varepsilon_t$, cu formulele ştiute (23), (24), respectiv, deplasările $u$, $v$, $\Delta$, $\Delta r$ şi $\vartheta$, cu formulele cunoscute (25) — (29). Principial, cu acestea, problemele teoriei generale a coloanelor de tubare cu diametre mari, avînd $s = \text{const.}$, $\varphi_0 = 0$ şi $P_0 = 0$, au fost rezolvate.

## III. Particularizări ale teoriei generale

### III. 1. *Solicitarea la presiune interioară uniformă*

#### III. 1.1. Presurizare multilaterală

Într-o primă abordare, coloana de tubare cu diametre mari se presupune obturată la extremităţi (fig. 5) şi solicitată la presiune interioară uniformă multilaterală

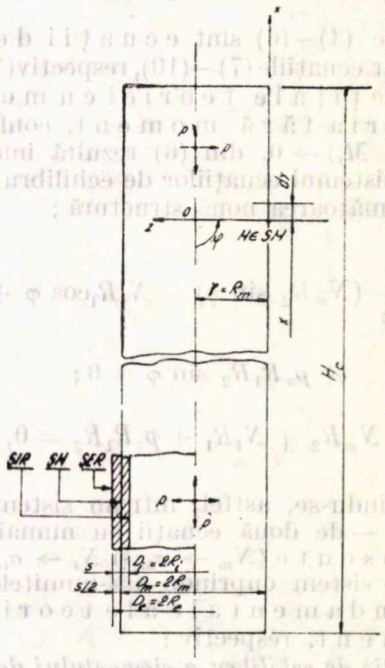


Fig. 5. Schema de calcul pentru coloanele de tubare c metre mari solicitate la presiune interioară uniformă laterală.

Observaţie. Aici, meridianul, din teoria generală a învelişurilor de r se identifică cu generatoarea suprafeţei mediane cilindrice circulare, dec şi $R_2 = r = R_m$.

(fig. 1 *a*). Evident, structura tubulară în cuţie se caracterizează prin următoarele m geometrice: $R_1 = \infty$, $R_2 = r = R_m = 0$, $D_m = \text{const.}$, $s = \text{const.}$ şi $\varphi = \pi/2 =$ Solicitării la presiune interioară, în ral, îi corespund condiţiile: $p_x = 0$ şi $= -p < 0$, în care, pentru cazul de faţă, $p$ (fig. 1 *a*).

III. 1.1.1. Teoria fără moment. Din ec lui Laplace (15), (16) rezultă, în mod direct

$$N_t = 0{,}5\,pD_m;\ \sigma_t = \sigma_t' = pD_m/2s. \qquad (30),$$

Avînd în vedere aproximaţia $D_i = (D - s) \to D_m$, acceptabilă pentru $s \ll D_m$, form cu [3] se obţine $P_0 = \pi D_m^2 p/4$ şi din ec ţiile (17), (18) rezultă, de asemenea, în r direct, că:

$$N_m = 0{,}25\,pD_m;\ \sigma_m = \sigma_m' = pD_m/4s. \qquad (32),$$

Așadar, $N_t/N_m = \sigma_t/\sigma_m = 2$, ceea ce înseamnă că eforturile $N_t$ și eforturile unitare corespunzătoare $\sigma_t$ sînt duble față de cele $N_m$ și, respectiv, $\sigma_m$ (fig. 6 *a*). În consecință, în condițiile date (presurizare interioară uniformă multilaterală), secțiunea cea mai solicitată a coloanelor tubulare cu diametre mari este cea longitudinală, direcția probabilei cedări tenace identificîndu-se — în ansamblu — cu generatoarea (fig. 6 *b*).

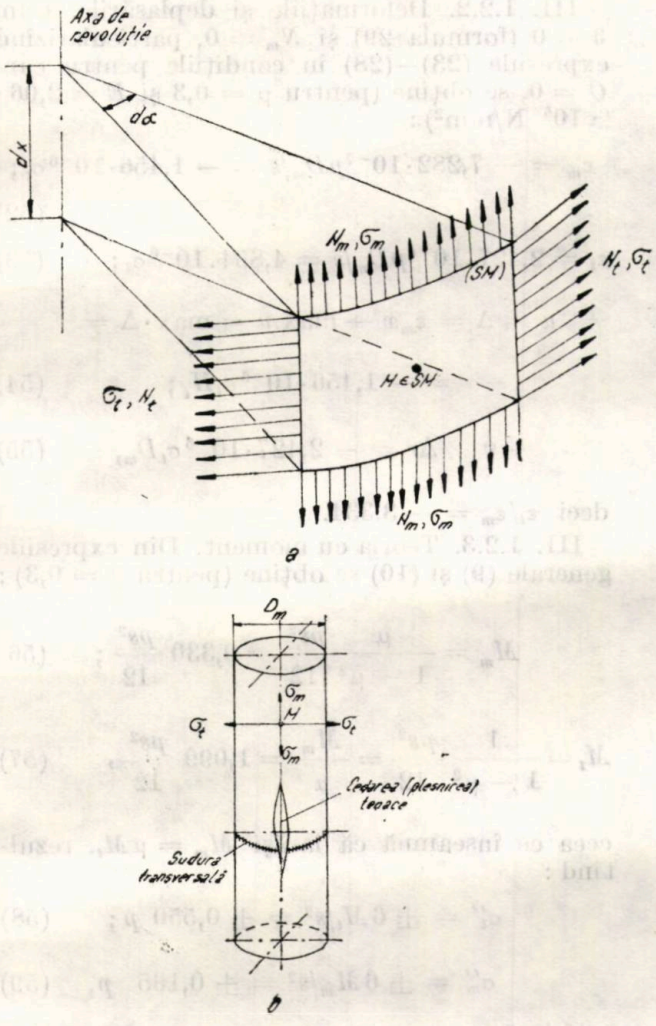



Fig. 6. Starea de eforturi și de eforturi unitare corespunzătoare teoriei fără moment, (*a*), respectiv schematizarea alternativei de cedare (plesnire) tenace, (*b*), pentru coloanele tubulare cu diametre mari presurizate la interior uniform și multilateral.

Avînd în vedere că, deoarece sînt executate în construcție sudată [2], coloanele de tubare cu diametre mari au o capacitate portantă condiționată de mărimile : $\varphi \leqslant 1{,}00$ — coeficientul de rezistență al sudurilor și $\sigma_a$ — rezistența admisibilă a materialului de bază pentru solicitarea statică la întindere, respectiv $\sigma_{as} = \varphi\sigma_a$ — rezistența admisibilă a materialului sudurilor (materialului de adaos) pentru aceeași solicitare statică la întindere și observînd că efortul unitar normal principal maxim este $\sigma_{max} = \sigma_t > \sigma_m$, din condiția de rezistență, formulată în conformitate cu criteriul Galilei — Rankine și anume :

$$\sigma_{max} = \sigma_t = pD_m/2s \leqslant \sigma_{as} = \varphi\sigma_a, \qquad (34)$$

rezultă următoarele formule de dimensionare :

$$s \geqslant \frac{pD_i}{2\varphi\sigma_a - p}\ ;\quad s \geqslant \frac{pD_e}{2\varphi\sigma_a + p}, \qquad (35), (36)$$

respectiv :

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{pD_i}{2\varphi\sigma_a - p} + s_a\ ; \qquad (37)$$

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{pD_e}{2\varphi\sigma_a + p} + s_a, \qquad (38)$$

în situațiile particulare cu $p \ll 2\varphi\sigma_a$ (de exemplu, cu $p/2\varphi\sigma_a \leqslant 0{,}01 \rightarrow max.\ 1{,}00\ \%$) putîndu-se opera cu următoarea formulă aproximativă de dimensionare :

$$s_1 \geqslant \frac{pD_{m,i,e}}{2\varphi\sigma} + s. \qquad (39)$$

III. 1.1.2. Deformațiile și deplasările. Rotirea coloanelor tubulare cu diametre mari, calculată cu (29) în condițiile $R_1 d\varphi = dx$, $\varphi = \pi/2 =$ $=$ const. și $N_m$, $N_t =$ const. (în raport cu deschiderea $\varphi$), este $\vartheta = 0$, iar lungirea $\Delta r$ a razei $r = R_m = 0{,}5\ D_m$, determinată cu (28), are următoarea expresie analitică * (pentru $\mu = 0{,}3$ și $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ N/mm²) :

$$\Delta r = -1{,}032 \cdot 10^{-6}\ pD_m^2/s = $$

$$= -2{,}063 \cdot 10^{-6}\sigma_f D_m, \qquad (40)$$

$\Delta r$ avînd dimensiunea mărimii $D_m$ (de regulă, mm).

Deformațiile (lungirile) specifice $\varepsilon_m$ și $\varepsilon_t$, evaluate cu formulele corespunzătoare (23) și (24), au următoarele expresii de calcul (de asemenea pentru $\mu = 0{,}3$ și $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ N/mm²) :

$$\varepsilon_m = 4{,}854 \cdot 10^{-7} pD_m/s = 9{,}709 \cdot 10^{-7}\sigma_t\ ; \qquad (41)$$

$$\varepsilon_t = 2{,}063 \cdot 10^{-6} pD_m/s = 4{,}126 \cdot 10^{-6}\sigma_t, \qquad (42)$$

deci rezultînd $\varepsilon_t/\varepsilon_m = 4{,}25$.

* Apare semnul minus deoarece lungirea $\Delta r$ se materializează în antisensul axei $z$ (fig. 5).

Deplasările $u$ și $v$, calculate cu formulele (25) și (26), sînt, în mod corespunzător, următoarele *:

$$u = \varepsilon_m x \to \max.\ u = \varepsilon_m H_c = 9{,}709 \cdot 10^{-7} \sigma_t H_c; \tag{43}$$

$$v \quad -0{,}5\ \varepsilon_t D_m = -2{,}063 \cdot 10^{-6} \sigma_t D_m = \Delta r, \tag{44}$$

conform cu (27) rezultînd:

$$\Delta = u \to max. \Delta = \max.\ u = 9{,}709 . 10^{-7} \sigma_t H_c. \tag{45}$$

III. 1.1.3. Teoria cu moment. Particularizînd pentru cazul de față ($R_1 = \infty$, $\varphi = \pi/2 =$ = const., $\vartheta = 0$) expresiile generale (9) și (10), se obține (pentru $\mu = 0{,}3$):

$$M_m = \frac{\mu(1 - 0{,}5\ \mu)}{1 - \mu^2} \frac{ps^2}{12} = 0{,}280 \frac{ps^2}{12}; \tag{46}$$

$$M_t = \frac{1 - 0{,}5\mu}{1 - \mu^2} \frac{ps^2}{12} = \frac{M_m}{\mu} = 0{,}934 \frac{p\ s^2}{12}, \tag{47}$$

deci $M_m = \mu M_t$, rezultînd:

$$\sigma_t'' = \pm 6 M_t / s^2 = \pm 0{,}467 p \to 0{,}50\ p; \tag{48}$$

$$\sigma_m'' = \pm 6 M / s^2 = \pm 0{,}140\ p, \tag{49}$$

astfel că, în teoria cu moment, eforturile unitare normale $\sigma_t$ și $\sigma_m$ au următoarele expresii de calcul:

$$\sigma_t = \sigma_t' + \sigma_t'' = p(D_m/2s \pm 0{,}467); \tag{50}$$

$$\sigma_m = \sigma_m' + \sigma_m'' = p(D_m/4s \pm 0{,}140). \tag{51}$$

Prin urmare, indiferent de mărimile dimensionale ($s$, $D_m$, $H_c$ etc.), efortul unitar maxim $\sigma_t'' \geqslant \sigma_m''$ ($\to \sigma_t''/\sigma_m'' = 3{,}336$) are ordinul de mărime al lui cel mult 0,5 $p$, în general fiind neglijabil de mic în comparație atît cu $\sigma_t' = pD_m/2s$, cît și cu valorile uzuale $\sigma_{as} = \varphi\sigma_a$. Ca atare, formulele de dimensionare (35)—(39) își mențin valabilitatea și în condițiile teoriei cu moment, corectarea lor fiind necesară doar pentru unele situații de excepție privind îndeplinirea la limită a condiției de rezistență (34).

* Se presupune că, în secțiunea sa transversală de capăt, aflată la extremitatea inferioară (talpa sondei), coloana tubulară este încastrată pentru deplasările longitudinale, astfel că $u_{x=0} = 0$ și, deci, $\Delta_{x=0} = 0$, rezultînd $C = 0$.

III. 1.2. Presurizare unilaterală

În această abordare ipotetică, coloana de tubare cu diametru mare se presupune deschisă la ambele extremități (fig. 5) și solicitată la presiune interioară uniformă unilaterală (fig. 1 *a*).

III. 1.2.1. Teoria fără moment. De această dată, $P_0 = 0$, deoarece contururile libere superior și inferior nu sînt solicitate, astfel că $N_m = 0 \to \sigma_m = \sigma_m' = 0$. În rest, rămîn valabile expresiile de calcul cunoscute (30), (31) și (34)—(39).

III. 1.2.2. Deformațiile și deplasările. Cum $\vartheta = 0$ (formula 29) și $N_m = 0$, particularizînd expresiile (23)—(28) în condițiile pentru care $C = 0$, se obține (pentru $\mu = 0{,}3$ și $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ N/mm²):

$$\varepsilon_m = -7{,}282 \cdot 10^{-7} pD_m/s = -1{,}456 \cdot 10^{-6} \sigma_t; \tag{52}$$

$$\varepsilon_t = 2{,}427 . 10^{-6} pD_m/s = 4{,}854 . 10^{-6} \sigma_t; \tag{53}$$

$$u = \Delta = \varepsilon_m x \to \max.u = \max \cdot \Delta = -1{,}456 \cdot 10^{-6} \sigma_t H_c; \tag{54}$$

$$v \quad \Delta r = -2{,}427 \cdot 10^{-6} \sigma_t D_m, \tag{55}$$

deci $\varepsilon_t/\varepsilon_m = -3{,}334$.

III. 1.2.3. Teoria cu moment. Din expresiile generale (9) și (10) se obține (pentru $\mu = 0{,}3$):

$$M_m = \frac{\mu}{1 - \mu^2} \frac{ps^2}{12} = 0{,}330 \frac{ps^2}{12}; \tag{56}$$

$$M_t = \frac{1}{1 - \mu^2} \frac{ps^2}{12} = \frac{M_m}{\mu} = 1{,}099 \frac{ps^2}{12}, \tag{57}$$

ceea ce înseamnă că iarăși $M_m = \mu M_t$, rezultînd:

$$\sigma_t'' = \pm 6 M_t / s^2 = \pm 0{,}550\ p; \tag{58}$$

$$\sigma_m'' = \pm 6 M_m / s^2 = \pm 0{,}165\ p, \tag{59}$$

astfel că:

$$\sigma_t = \sigma_t' + \sigma_t'' \quad p(D_m/2s \pm 0{,}550); \tag{60}$$

$$\sigma_m = \sigma_m' + \sigma_m'' = \pm 0{,}165\ p. \tag{61}$$

Așadar, pentru oricare mărimi dimensionale ($s$, $D_m$, $H_c$ etc.), efortul unitar maxim $\sigma_t'' \geqslant \sigma_m''$ ($\to \sigma_t''/\sigma_m'' = 3{,}333$) are ordinul de mărime al lui cel mult 0,55 $p$, și de această dată fiind neglijabil de mic față de $\sigma_t' = pD_m/2s$ și de $\sigma_{as} = \varphi\sigma_a$. În plus, trebuie remarcat că $\sigma_t$ este considerabil mai mare decît $\sigma_m$. Drept consecință, formulele de dimensionare (35)—

(39) rămîn valabile şi în condiţiile teoriei cu moment, corectarea lor impunîndu-se numai în unele cazuri de îndeplinire la limită a condiţiei de rezistenţă (34).

III. 2. *Solicitarea la presiune exterioară uniformă*

III.2.1. Presurizare multilaterală

Coloana tubulară cu diametru mare se consideră ca fiind obturată la extremităţi (fig. 5) şi solicitată la presiune exterioară uniformă multilaterală (fig. 1 *d*). În astfel de condiţii, evident, mărimile geometrice caracteristice ale structurii tubulare sînt cele din paragraful III.1.1, însă solicitării la presiune exterioară, în general, îi corespund valorile: $p_x = 0$ şi $p_z = p > 0$, în care $p = p_e$ (fig. 1 *d*).

III.2.1.1. Teoria fără moment. Formulele (30) — (33) rămîn valabile după inversarea semnului algebric, rezultînd:

$$N_m = -0{,}25\, pD_m;\quad \sigma_m = \sigma'_m = -pD_m/4s; \tag{62}$$

$$N_t = -0{,}5\, pD_m;\ \sigma_t = \sigma'_t = -pD/2s. \tag{63}$$

Însă, întrucît semnul algebric (minus) nu interesează atunci cînd se formulează condiţia de rezistenţă, desigur, formulele (34) — (39) îşi păstrează valabilitatea structurate ca atare, operîndu-se numai substituţiile: $\varphi = 1{,}00$ pentru solicitarea de compresiune [3] şi $\sigma_{as} = \varphi\sigma_a \to \sigma_{ac}$, unde $\sigma_{ac}$ reprezintă rezistenţa admisibilă a materialului de bază pentru solicitarea statică de compresiune, în N/mm².

III.2.1.2. Deformaţiile şi deplasările. Formulele (40) — (45) rămîn, de asemenea, valabile după inversarea semnului algebric, rezultînd (pentru $\mu = 0{,}3$ şi $E = 2{,}06 \cdot 10^5$N/mm²):

$$\varepsilon_m = -4{,}854 \cdot 10^{-7}\, pD_m/s;\ \varepsilon_t = -$$

$$-2{,}063 \cdot 10^{-6} pD_m/s; \tag{64), (65}$$

$$max.\ u = max.\ \Delta = -4{,}854 \cdot 10^{-7} pD_m H_c/s; \tag{66}$$

$$v = \Delta r = 1{,}031 \cdot 10^{-6} pD_m^2/s. \tag{67}$$

III.2.1.3. Teoria cu moment. Inversînd semnul algebric în formulele (46) — (51), se obţine (pentru $\mu = 0{,}3$):

$$M_m = -0{,}023\, ps^2;\quad M_t = -0{,}078\, ps^2; \tag{68), (69}$$

$$\sigma''_t = \mp 0{,}467\, p;\quad \sigma''_m = \mp 0{,}140\, p; \tag{70), (71}$$

$$\sigma_t = -p(D_m/2s \pm 0{,}467);\quad \sigma_m = -p(D_m/4s \pm 0{,}140). \tag{72), (73}$$

III.2.2. Presurizare unilaterală

Coloana de tubare cu diametru mare se consideră deschisă la ambele extremităţi (fig. 5) şi solicitată la presiune exterioară uniformă unilaterală (fig. 1 *d*).

III.2.2.1. Teoria fără moment. Întrucît $P_0 = 0$, se obţine $N_m = 0 \to \sigma_m = \sigma'_m = 0$, în rest rămînînd valabile formulele de calcul anterioare (63) şi (34) — (39), cu precizările aliniatului III.2.1.1.

III.2.2.2. Deformaţiile şi deplasările. Formulele (52) — (55) rămîn valabile după inversarea semnului algebric, obţinîndu-se (pentru $\mu = 0{,}3$ şi $E = 2{,}06 \cdot 10^5$N/mm²):

$$\varepsilon_m = 7{,}282.10^{-7} pD_m/s; \tag{74}$$

$$\varepsilon_t = -2{,}427 \cdot 10^{-6} pD_m/s; \tag{75}$$

$$max.u = max\ \Delta = 0{,}728 \cdot 10^{-6}\ pD_m H_c/s; \tag{76}$$

$$v = \Delta r = 1{,}213 \cdot 10^{-6} pD_m^2/s. \tag{77}$$

III.2.2.3. Teoria cu moment. După inversarea semnului algebric în formulele (56) — (61), se obţine (pentru $\mu = 0{,}3$):

$$M_m = -0{,}028\, ps^2;\quad M_t = -0{,}092\, ps^2; \tag{78), (79}$$

$$\sigma''_t = \mp 0{,}550\, p;\quad \sigma''_m = \mp 0{,}165\, p; \tag{80), (81}$$

$$\sigma_t = -p(D_m/2s \pm 0{,}550);\quad \sigma_m = \mp 0{,}165p. \tag{82), (83}$$

III.3. *Solicitarea la presiune diferenţială uniformă*

În această alternativă de solicitare, sînt posibile următoarele trei cazuri:

- presiunea uniformă interioară $p_i$ este mai mare decît cea exterioară $p_e$ (fig. 1 *h*), astfel că $p = p_i - p_e > 0$; ca atare, calculele se vor efectua conform paragrafului III.1;
- presiunea uniformă interioară $p_i$ este mai mică decît cea exterioară $p_e$ (fig. 1 *i*), astfel că $p = p_i - p_e < 0$; ca atare, calculele se vor efectua conform paragrafului III.2;
- presiunea uniformă interioară $p_i$ este egală cu cea exterioară $p_e$, astfel că $p = p_i - p_e = 0$; evident, un asemenea caz banal nu implică efectuarea unor calcule speciale practic, structura tubulară nefiind solicita-

**Bibliografie**

[1] Link, H. *Berechnung ringversteifter Bohrschachtverrohrungen aus Stahl in den USA.* Glückauf-Forschungshefte, 1980, vol. 41, nr. 3, p. 89—98.

[2] Pavel, A. *Stabilitatea elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari.* Mine, Petrol și Gaze, 1981, vol. 32, nr. 11 și 12, p. 545—560 și 594—610.

[3] Pavel, A. Elemente de inginerie mecanică (pentru petrochimie). Ed. didactică și pedagogică, București, 1981, p. 158—181, 184—189, 203—205 și 219—232.

[4] Galimov, K. Z. *Osnovî nelineinoi teorii tonkih obolocek.* Kazan, Izd. Kazan. Univ., 1975.

[5] Reissner, E. *A new derivation of the equations for the deformation of elastic shells.* Amer. J. Math., 1941, vol. 63, p. 177—184; *Stress strain relation in the theory of thin elastic shells.* J. Math. and Phys., 1952, vol. 31, p. 109; *On axi-symmetrical deformations on thin shells of revolution.* Proc. Symp. Apl. Math., Amer. Math. Soc., 1957, vol. 3, p. 27; *On finite symmetrical deflections of thin shells of revolution.* Trans. ASME, 1969, Series E, vol. 36, nr. 2.

[6] Vlasov, V. Z. *Obșciaia teoria obolocek i eë prilojenia v tehnike.* Moskva, Gostehizdat, 1949; *Izbrannie trudî.* Moskva, Izd. AN SSSR, 2 vol., 1962; *The general theory of shells and its industrial applications.* NASA TT F—99, 1964.

[7] Love, A. *Treatise on the mathematical theory of elasticity.* New York, Dover Publications, 1944 (v. și Phil. Trans. Roy. Soc., 1888, vol. A 179).

[8] Novojilov, V. V. *Teoria tonkih obolocek.* Moskva, Oboronghiz, 1941 și Leningrad, Sudostroenie, 1951 și 1962; *Osnovî nelineioni teorii uprugosti.* Moskva, Gostehizdat, 1948; *The theory of thin shells.* Groningen-The Netherlands, P. Noordhoff Ltd., 1959.

[9] Goldenveizer, A. L. *Theory of thin elastic shells.* New York, Pergamon Press, 1961; *Teoria uprughih tonkih obolocek.* Moskva, Gostehizdat, 1953 și Moskva, *Nauka*, 1976.

[10] Mușțari, H. M. *Nekotorie obobșcenia teorii tonkih obolocek.* Izv. fiz.-mat. obșcestva pri Kazanskom Univ., 1938, tom XI, ser. 8.

[11] Mușțari, H. M., Galimov, K. Z. *Nelineinaia teoria uprughih obolocek.* Kazan, Tatkingoizdat, 1957.

[12] Vihman, G. L., Kruglov, S. A. *Osnovî konstruirovania apparatov i mașin neftepererabativaiușcih zavodov.* Moskva, Mașinostroenie, 1978.

[13] Timoshenko, S., Woinowski-Krieger, S. *Theory of plates and shells.* New York, Mc Graw-Hill. 1959; *Teoria plăcilor plane și curbe.* București, Ed, tehnică, 1968.

# Studiul comparativ al unor teorii de ascensiune a amestecurilor multifazice în coloane de țevi verticale, cu exemplificări pentru condițiile sondelor care produc în erupție naturală*

Ing. **D. Sitaru**,
Schela de foraj Moreni
conf. dr. ing. **C. Gh. Popa**, șef lucr. dr. ing. **V. Grigore**, conf. dr. ing. **C. Popescu**
I.P.G. Ploiești

## I. Generalități

Exploatarea rațională și eficientă a sondelor eruptive de țiței și gaze este determinată, în mare măsură, de exactitatea cu care se stabilește regimul tehnologic de funcționare corespunzător unor parametri caracteristici de comportare, specifici unei anumite perioade productive. Pentru aceasta este însă necesar să se dispună de curba care indică variația presiunii în lungul coloanelor de extracție cît mai corect construite, pentru cazul complex al curgerii verticale multifazice. Asemenea curbe pot fi construite pe cale analitică cu ajutorul gradienților de presiune, exactitatea lor depinzînd de cea a metodei utilizate pentru determinarea acestor gradienți.

Teoriile elaborate pînă în prezent cu privire la ascensiunea amestecurilor multifazice în coloane de țevi de extracție au avut drept scop stabilirea unor metode cît mai exacte pentru calcularea gradientului de presiune, avînd în vedere caracterul deosebit de complex al une astfel de evaluări. În felul acesta, dispunînd de o metodă de determinare a gradientului de presiune suficient de precisă, curba de variație a presiunii, construită pe bază de calcul, se va apropia de curba reală, construită prin măsurători directe la sondă; astfel se va efectua o proiectare corectă a regimului tehnologic de funcționare a sondelor eruptive și a instalațiilor respective.

În vederea stabilirii gradului de exactitate a teoriilor și corespunzător a metodelor dezvoltate pentru evaluarea gradientului de presiune, precum și a limitelor și domeniului lor de aplicare, a fost necesară verificarea acestora pentru condițiile reale de funcționare ale sondelor eruptive din țara noastră. Această verificare s-a făcut pe baza unui studiu comparativ în care s-au luat în considerare cîteva teorii reprezentative care abordează oarecum diferit modul de cercetare și prezentare a fenomenelor ce guvernează procesul de ascensiune a amestecurilor multifazice și, în consecință, modul de determinare a gradientului de presiune. Teoriile selectate pentru acest studiu și metodele corespunzătoare de calcul, prezentate în ordinea apariției lor, sînt următoarele.

* Lucrare prezentată la sesiunea științifică a cadrelor didactice și studenților de la facultățile Forajul sondelor și Exploatarea zăcămintelor de petrol și gaze a Institutului de petrol și gaze, Ploiești, 10 noiembrie 1981.

*Teoria lui H. Duns şi N. C. Ros*: metoda de calcul este dedusă pe cale analitică, pe baza interpretării datelor dintr-o instalaţie experimentală şi ţine seamă, atît de efectul alunecării gazelor, cît şi de regimul de curgere, caz în care autorii au dedus corelaţia pentru fracţia de lichid şi factorul de frecare (diferite pentru fiecare regim de curgere în parte), cît şi procedee de prevedere a diferitelor regimuri de curgere propuse; metoda se bazează pe un bilanţ de presiuni [2].

- *Teoria lui A. R. Hagedorn şi K. E. Brown*: metoda de calcul este dedusă, de asemenea, pe cale analitică, pe baza interpretării datelor dintr-o instalaţie experimentală şi a utilizării unei ecuaţii de bilanţ de energie, care ţine seama de efectul alunecării gazelor dar nu ia în considerare regimul de curgere; în acest caz corelaţiile necesare dezvoltate de cei doi autori au fost, atît pentru fracţia de lichid, cît şi pentru factorul de frecare [4].
- *Teoria lui K. Aziz, G. W. Govier şi M. Fogaraşi*: metoda de calcul este dedusă pe aceleaşi principii ca şi cea a lui H. Duns şi N. Ros numai că, spre deosebire de aceştia, foloseşte ecuaţia bilanţului de energie ca modalitate teoretică de abordare a proceselor de curgere [1].
- *Teoria lui V. Grigore*: metoda de calcul este dedusă pe cale analitică, prin folosirea datelor obţinute de la sonde în erupţie naturală şi artificială, care nu ţine seama de efectul alunecării gazelor şi de regimul de curgere, caz în care singura corelaţie dezvoltată de autor a fost pentru factorul de frecare bifazic; metoda se bazează pe o ecuaţie de bilanţ de energie [3].

Rezultatele obţinute în urma verificării celor patru teorii alese şi concluziile stabilite cu acest prilej pun la dispoziţia specialiştilor care lucrează în acest domeniu criterii noi de alegere a metodelor de calcul a gradienţilor de presiune, în scopul construirii curbei de variaţie a presiunii, pentru o proiectare judicioasă a parametrilor regimului de funcţionare a sondelor în erupţie naturală şi artificială.

## II. Studiul comparativ al teoriilor de ascensiune propuse pentru verificare

Studiul comparativ al teoriilor de ascensiune a amestecurilor multifazice prin coloane de ţevi de extracţie propuse pentru verificare s-a realizat pe baza programului de calcul elaborat şi a datelor de producţie, a datelor rezultate din analizele PVT şi a măsurătorilor de presiune şi temperatură efectuate în lungul coloanelor de extracţie, obţinute de la un număr însemnat de sonde eruptive. Un astfel de studiu comportă următoarea metodologie de lucru:

- se construieşte curba de variaţie a presiunii în lungul coloanelor ţevilor de extracţie cu date obţinute prin măsurători directe, denumită şi curba reală, pentru fiecare sondă în parte;
- se construiesc curbele de variaţie a presiunii în lungul coloanei ţevilor de extracţie pe cale analitică cu ajutorul gradienţilor de presiune calculaţi prin cele patru metode propuse pentru verificare, de asemenea pentru fiecare sondă în parte;
- se compară cele patru curbe construite analitic cu curba reală şi se determină abaterea dintre ele, calculîndu-se diferenţa de presiune înregistrată, fie la şiul coloanei ţevilor de extracţie, fie la gura sondei, după cum curbele au fost construite de sus în jos sau de jos în sus, şi eroarea relativă medie procentuală.

Pentru construirea curbei de variaţie a presiunii prin măsurători directe s-au efectuat înregistrări de presiune în sonde cu ajutorul manometrelor de adîncime, iar pentru construirea curbelor pe cale analitică au fost folosite date de producţie şi analizele PVT de la aceleaşi sonde.

Exactitatea datelor utilizate a fost asigurată printr-o etalonare corectă a sondelor cercetate,

*Tabelul 1*

**Datele caracteristice ale sondelor de pe structura C**

| Sonda nr. | Adîncimea la care s-a măsurat presiunea, m | Presiunea măsurată, bari | Debitul de ţiţei, m³/24h | Debitul de gaze, m³N/24h | Procentul de impurităţi, % | Temperatura, °C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 62 | 0 | 33,04 | 59,5 | 2 000 | 1 | 15 |
| | 500 | 51,58 | | | | 47 |
| | 1 045 | 81,45 | | | | 84 |
| 63 | 0 | 24,22 | 39,0 | 2 000 | 1 | 15 |
| | 400 | 40,03 | | | | 40,5 |
| | 800 | 69,97 | | | | 66 |
| | 1 039 | 76,16 | | | | 81 |
| 71 | 0 | 8,45 | 23,0 | 4 000 | 1 | 18 |
| | 500 | 16,12 | | | | 43,5 |
| | 980 | 31,58 | | | | 62,5 |
| 89 | 0 | 28 98 | 42,8 | 2 000 | 1 | 15 |
| | 400 | 38,20 | | | | 38 |
| | 973,5 | 56,67 | | | | 71 |
| 170 | 0 | 31,74 | 39,3 | 1 000 | 10 | 15 |
| | 400 | 48,09 | | | | 40 |
| | 800 | 69,43 | | | | 66 |
| | 1 040 | 84,99 | | | | 81 |
| 172 | 0 | 30,74 | 54,0 | 2 000 | 1 | 15 |
| | 400 | 49,55 | | | | 39 |
| | 800 | 72,55 | | | | 62,5 |
| | 1 000 | 85,78 | | | | 74 |
| 175 | 0 | 25,45 | 20,0 | 2 000 | 2 | 15 |
| | 600 | 30,98 | | | | 33,5 |
| | 800 | 35,63 | | | | 66 |
| | 1 031,5 | 38,70 | | | | 81 |
| 123 | 0 | 12,36 | 5,0 | 1 000 | 1 | 25 |
| | 400 | 30,36 | | | | 38 |
| | 800 | 59,27 | | | | 61 |
| | 1 035 | 77,85 | | | | 74 |

prin folosirea unor aparate de măsură de înaltă precizie la măsurarea presiunii și temperaturii în coloanele țevilor de extracție ale sondelor și prin analize PVT executate cu multă atenție.

Trebuie menționat că, în cadrul studiului efectuat, s-a urmărit, de asemenea, sensibilitatea metodelor de evaluare a gradientului de presiune propuse pentru verificare cu variația unor parametri caracteristici de calcul cum sînt : densitatea relativă a gazelor și rația gaze-țiței.

Verificarea teoriilor de ascensiune, selectate în acest scop, s-a făcut cu ajutorul datelor obținute de la un grup de sonde eruptive de pe structurile C și V, care produc în cele mai diferite condiții de lucru, acoperind astfel o gamă largă a parametrilor de funcționare. Datele care caracterizează funcționarea acestor sonde sînt prezentate în tabelele 1 și 2.

Rezultatele obținute în urma verificărilor efectuate sînt redate în tabelele 3 ; 4 ; 5 și 6.

## III. Interpretarea comparativă a rezultatelor obținute din verificarea teoriilor de ascensiune multifazică

Prezentarea, în ansamblu, a datelor obținute în urma realizării acestui studiu, care oferă o imagine comparativă destul de sugestivă, se face (pentru sondele de pe structurile C și V) în tabelul 7. Totodată sînt prezentate și o serie de diagrame care conțin curbe de variație a presiunii construite pe cale analitică, pe baza gradienților de presiune calculați și prin măsurători directe în sondă, considerate ca fiind cele mai reprezentative (fig. 1—8).

Analizînd datele din tabelul 7 și curbele din diagramele reprezentative se constată :

— sondele studiate de pe structura C au adîncimea medie de fixare a coloanei de extracție de 1 000 m, debitele de producție de 5 pînă la 59,5 $m^3$/24 h și rațiile gaze-țiței cuprinse aproximativ între 25 și 200 $m^3N/m^3$. În aceste condiții teoriile cele mai exacte s-au dovedit a fi cele prezentate de A. Hagedorn și K. Brown și respectiv de V. Grigore ; erorile relative medii procentuale au fost în primul caz de 3,11... ...19,27 %, iar în al doilea caz de 5,50...15,82 % Urmează apoi, în ordine, teoria lui K. Aziz, G. Govier și M. Fogarași, la care erorile relative sînt de 4,95...23,20 % și teoria lui H. Duns și N. Ros, cu erori de 8,24...48,92 %.

— sondele de pe structura V au adîncimea medie de fixare a coloanei de extracție de 2 000 m, debitele de producție cuprinse între 17 și 65 $m^3$/24 h, iar rațiile gaze-țiței de aproximativ 39...115 $m^3N/m^3$. La fel ca și în cazul structurii C, cele mai bune teorii s-au dovedit, pentru aceste condiții, teoria lui V. Grigore și

*Tabelul 2*

**Datele caracteristice ale sondelor de pe structura V**

| Sonda nr. | Adîncimea la care s-a măsurat presiunea, m | Presiunea măsurată, bari | Debitul de țiței, $m^3$/24h | Debitul de gaze, $m^3N$/24h | Procentul de impurități, % | Temperatura, °C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 803 | 0 | 57,5 | 52,0 | 2 000 | 1 | 15 |
| | 300 | 74,59 | | | | 30 |
| | 600 | 51,2 | | | | 45 |
| | 1 980 | 179,67 | | | | 115 |
| 804 | 0 | 88,49 | 65,0 | 6 000 | 1 | 15 |
| | 500 | 112,31 | | | | 39,3 |
| | 1 000 | 141,56 | | | | 63,5 |
| | 2 029 | 206,57 | | | | 113 |
| 805 | 0 | 60,62 | 42,0 | 3 000 | 1 | 39 |
| | 700 | 94,06 | | | | 66 |
| | 1400 | 133,74 | | | | 92,5 |
| | 1 995 | 178,03 | | | | 115 |
| 89 | 0 | 81,03 | 40,0 | 4 000 | 1 | 15 |
| | 300 | 96,06 | | | | 30 |
| | 600 | 113,24 | | | | 45 |
| | 2 012 | 197,60 | | | | 113 |
| 814 | 0 | 110,4 | 35,0 | 4 000 | 1 | 27 |
| | 500 | 126,45 | | | | 48,5 |
| | 1 000 | 145,35 | | | | 70 |
| | 2 016 | 187,86 | | | | 113 |
| 824 | 0 | 89,74 | 17,0 | 1 000 | 1 | 15 |
| | 300 | 97,68 | | | | 30 |
| | 600 | 106,69 | | | | 45 |
| | 2 012 | 165,99 | | | | 113,5 |
| 826 | 0 | 56,92 | 42,0 | 3 000 | 1 | 25 |
| | 400 | 76,98 | | | | 43 |
| | 800 | 99,87 | | | | 60,5 |
| | 2 014,5 | 174,22 | | | | 115 |
| 830 | 0 | 5,56 | 23,0 | 1 000 | 1 | 18 |
| | 500 | 17,83 | | | | 41,5 |
| | 1 000 | 31,64 | | | | 65,5 |
| | 1 983 | 81,97 | | | | 113 |
| 841 | 0 | 56,68 | 37,5 | 4 000 | 1 | 25 |
| | 700 | 92,98 | | | | 53 |
| | 1 400 | 134,3 | | | | 80,5 |
| | 1 980 | 171,26 | | | | 103 |
| 846 | 0 | 78,14 | 38,6 | 3 400 | 1,5 | 30 |
| | 400 | 84,74 | | | | 48,5 |
| | 800 | 91,65 | | | | 66,5 |
| | 1 552 | 105,4 | | | | 100 |
| 859 | 0 | 22,65 | 31,0 | 1 000 | 5 | 30 |
| | 500 | 36,97 | | | | 51,5 |
| | 1 000 | 57,56 | | | | 73,5 |
| | 1 969,5 | 110,64 | | | | 115 |
| 118 | 0 | 38,32 | 32,5 | 2 000 | 1 | 40 |
| | 1 000 | 85,57 | | | | 78 |
| | 2 000 | 149,82 | | | | 115 |
| 119 | 0 | 48,29 | 32,0 | 2 000 | 1 | 25 |
| | 700 | 81,49 | | | | 56,5 |
| | 1 400 | 126,52 | | | | 88 |
| | 1 999 | 148,09 | | | | 115 |
| 120 | 0 | 66,18 | 38,8 | 3 500 | 1 | 15 |
| | 400 | 85,37 | | | | 35 |
| | 800 | 107,54 | | | | 55 |
| | 2 000 | 184,97 | | | | 115 |

*Tabelul 3*

**Teoria lui H. Duns şi N. C. Ros**

| Sonda nr. | Adîncimea de fixare a şiului, m | Presiunea măsurată, bari | Presiunea estimată, bari | Diferenţa între presiunile măsurată şi estimată, bari | Eroarea relativă medie procentuală, % |
|---|---|---|---|---|---|
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura C* | | | | | |
| 62 | 1 045 | 81,45 | 117,03 | 35,58 | 26,88 |
| 63 | 1 039 | 76,16 | 104,22 | 28,06 | 23,20 |
| 71 | 980 | 31,58 | 54,00 | 22,42 | 48,92 |
| 89 | 973,5 | 56,67 | 50,55 | 6,12 | 8,24 |
| 170 | 1 040 | 84,99 | 114,59 | 29,60 | 21,17 |
| 172 | 1 000 | 85,78 | 75,75 | 10,03 | 14,12 |
| 175 | 1 031,5 | 38,70 | 32,50 | 6,20 | 16,45 |
| 123 | 1 035 | 77,85 | 94,36 | 16,51 | 18,21 |
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura V* | | | | | |
| 803 | 1 980 | 179,67 | 211,80 | 32,13 | 10,37 |
| 804 | 2 029,5 | 206 57 | 238 60 | 32,03 | 11,52 |
| 805 | 1 995 | 184,03 | 216,00 | 31,97 | 13,40 |
| 89 | 2 012 | 197,60 | 256,12 | 58,52 | 15,26 |
| 814 | 2 016 | 187,86 | 265,10 | 77,14 | 31,08 |
| 824 | 2 012 | 165,99 | 204,75 | 38,76 | 13,35 |
| 826 | 2 014,5 | 174,22 | 211,25 | 37,03 | 11,12 |
| 830 | 1 983 | 81,97 | 182,44 | 100,47 | 74,24 |
| 841 | 1 980 | 171,26 | 206,55 | 35,29 | 16,60 |
| 846 | 1 552 | 105,40 | 143,50 | 38,10 | 22,15 |
| 859 | 1 969,5 | 110,64 | 147,70 | 37,06 | 19,54 |
| 118 | 2 000 | 149,82 | 193,75 | 43,93 | 20,42 |
| 119 | 1 999 | 158,09 | 203,36 | 45,27 | 19,25 |
| 120 | 2 000 | 184,97 | 240,20 | 55,23 | 17,21 |

*Tabelul 4*

**Teoria lui A. R. Hagedorn şi K. E. Brown**

| Sonda nr. | Adîncimea de fixare a şiului, m | Presiunea măsurată, bari | Presiunea estimată, bari | Diferenţa între presiunile măsurată şi estimată, bari | Eroarea relativă medie procentuală, % |
|---|---|---|---|---|---|
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura C* | | | | | |
| 62 | 1 045 | 81,45 | 108,89 | 27,44 | 19,27 |
| 63 | 1 039 | 76,16 | 83,43 | 7,27 | 3,11 |
| 71 | 980 | 31,58 | 22,96 | 8,62 | 14,80 |
| 89 | 973,5 | 56,67 | 52,83 | 3,84 | 5,12 |
| 170 | 1 040 | 84,99 | 89,96 | 4,97 | 3,64 |
| 172 | 1 000 | 85 78 | 80,42 | 5,36 | 9,25 |
| 175 | 1 031,5 | 39,70 | 34,35 | 4,35 | 13,42 |
| 123 | 1 035 | 77,85 | 69,20 | 8,65 | 5,42 |
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura V* | | | | | |
| 803 | 1 980 | 179,67 | 194,00 | 14,33 | 8,79 |
| 804 | 2 029,5 | 206,57 | 202,75 | 3,82 | 2,68 |
| 805 | 1 995 | 184,03 | 194,25 | 10,22 | 2,50 |
| 89 | 2 012 | 197,60 | 188,30 | 9,30 | 4,76 |
| 814 | 2 016 | 187,86 | 218,15 | 30,29 | 14 23 |
| 824 | 2 012 | 165,99 | 192,64 | 26,65 | 12,54 |
| 826 | 2 014,5 | 174,22 | 168,45 | 5,77 | 3,45 |
| 830 | 1 983 | 81,97 | 75,82 | 6,12 | 7,46 |
| 841 | 1 980 | 171,26 | 138,00 | 33,26 | 19,42 |
| 846 | 1 552 | 105,40 | 135,20 | 29,80 | 25,27 |
| 859 | 1 969,5 | 110,64 | 142,50 | 31,66 | 26,51 |
| 118 | 2 000 | 149,82 | 153,80 | 3,98 | 2,65 |
| 119 | 1 999 | 158,09 | 168,47 | 10,38 | 6,57 |
| 120 | 2 000 | 184,97 | 172,50 | 12,47 | 4,31 |

*Tabelul 5*

**Teoria lui K. Aziz, G. W. Govier şi M. Fogarasi**

| Sonda nr. | Adîncimea de fixare a şiului, m | Presiunea măsurată, bari | Presiunea estimată, bari | Diferenţa între presiunile măsurată şi estimată, bari | Eroarea relativă medie procentuală, % |
|---|---|---|---|---|---|
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura C* | | | | | |
| 62 | 1 045 | 81,45 | 111,55 | 30,10 | 23,20 |
| 63 | 1 039 | 76,16 | 97,50 | 21,34 | 16,76 |
| 71 | 980 | 31,58 | 41,50 | 9,92 | 22,40 |
| 89 | 973,5 | 56,67 | 51,73 | 6,94 | 6,85 |
| 170 | 1 040 | 84,99 | 106,50 | 21,51 | 15,53 |
| 172 | 1 000 | 85,78 | 79,80 | 5,98 | 10,90 |
| 175 | 1 031,5 | 38,70 | 33,15 | 6,55 | 14,75 |
| 123 | 1 035 | 77,85 | 70,50 | 7,35 | 4,95 |
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura V* | | | | | |
| 803 | 1 980 | 179,67 | 201,73 | 22,06 | 12,28 |
| 804 | 2 029,5 | 206,57 | 226,51 | 19,94 | 7,85 |
| 805 | 1 995 | 184,03 | 204,00 | 19,97 | 9,50 |
| 89 | 2 012 | 197 30 | 235 15 | 37,55 | 10,49 |
| 814 | 2 016 | 187,86 | 242,75 | 54,89 | 23,20 |
| 824 | 2 012 | 165,99 | 202,37 | 36,38 | 19,21 |
| 826 | 2 014,5 | 174,22 | 196 76 | 22,54 | 6,08 |
| 830 | 1 983 | 81,97 | 137,29 | 55,32 | 57,46 |
| 841 | 1 980 | 171,26 | 186,73 | 15,47 | 9,03 |
| 846 | 1 552 | 105,40 | 148,24 | 42,84 | 30,64 |
| 859 | 1 969,5 | 110,64 | 135,27 | 24,63 | 18,26 |
| 118 | 2 000 | 149,82 | 176,32 | 26,50 | 15,68 |
| 119 | 1 999 | 158,09 | 188,47 | 30,38 | 17,22 |
| 120 | 2 000 | 184,97 | 202,42 | 17,45 | 4,74 |

*Tabelul 6*

**Teoria lui V. Grigore**

| Sonda nr. | Adîncimea de fixare a şiului, m | Presiunea măsurată, bari | Presiunea estimată, bari | Diferenţa între presiunile măsurată şi estimată, bari | Eroarea relativă medie procentuală, % |
|---|---|---|---|---|---|
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura C* | | | | | |
| 62 | 1 045 | 33,04 | 14,17 | 18,87 | 14,72 |
| 63 | 1 039 | 24,22 | 15,94 | 8,28 | 7,16 |
| 71 | 980 | 8,45 | 4,08 | 4,37 | 15,82 |
| 89 | 973,5 | 28,98 | 26,20 | 2,78 | 5,50 |
| 170 | 1 040 | 31,74 | 21,50 | 10,24 | 9,47 |
| 172 | 1 000 | 30,74 | 28,45 | 2,29 | 7,15 |
| 175 | 1 031,5 | 25,45 | 22,74 | 2,71 | 6,12 |
| 123 | 1 035 | 12,36 | 19,67 | 7,31 | 13,82 |
| *Rezultatele obţinute la sondele de pe structura V* | | | | | |
| 803 | 1 980 | 57,50 | 64,94 | 7,44 | 12,93 |
| 804 | 2 029,5 | 88,49 | 86,29 | 2,20 | 2,39 |
| 805 | 1 995 | 60,62 | 58,12 | 2,50 | 1,35 |
| 89 | 2 012 | 81,03 | 77,80 | 3,23 | 2,48 |
| 814 | 2 016 | 110,00 | 74,24 | 35,76 | 25,50 |
| 824 | 2 012 | 89,74 | 74,00 | 15,74 | 17,25 |
| 826 | 2 014,5 | 56,92 | 52,54 | 4,38 | 2,84 |
| 830 | 1 983 | 5,56 | 3,97 | 1,59 | 28,59 |
| 841 | 1 980 | 56,68 | 62,50 | 5,82 | 10,26 |
| 846 | 1 552 | 78,14 | 67,20 | 10,94 | 14,00 |
| 859 | 1 969,5 | 22,65 | 19,46 | 3,19 | 11,55 |
| 118 | 2 000 | 38,32 | 34,60 | 3,72 | 8 70 |
| 119 | 1 999 | 48,28 | 41,08 | 7,20 | 9,90 |
| 120 | 2 000 | 66,18 | 68,87 | 2,69 | 1,61 |

*Tabelul 1*

**Rezultatele comparative ale verificării teoriilor de ascensiune**

*Structura C*

| Sonda nr. | Adîncimea de fixare a coloanei de extracție, m | Debitul de țiței, m³/24h | Rația, gaze-țiței m³N/m³ | Presiunea măsurată | | Presiunea estimată; eroarea relativă medie procentuală | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | la șiu, bari | la gura sondei, bari | teoria H. Duns și N. Ros | | teoria A. Hagedorn și K. Brown | | teoria K. Aziz, G. Govier și M. Fogarași | | teoria V. Grigore | |
| | | | | | | bari | % | bari | % | bari | % | bari | % |
| 62 | 1045 | 59,5 | 33,61 | 81,45 | 33,04 | 117,03 | 26,88 | 108,89 | 19,27 | 111,55 | 23,20 | 14,17 | 14,72 |
| 63 | 1039 | 39,0 | 51,28 | 76,16 | 24,22 | 104,22 | 23,20 | 83,43 | 3,11 | 97,50 | 16,76 | 15,94 | 7,16 |
| 71 | 980 | 23,0 | 173,90 | 31,58 | 8,45 | 54,00 | 48,92 | 20,66 | 14,80 | 41,50 | 22,40 | 4,08 | 15,82 |
| 89 | 973,5 | 42,8 | 46,73 | 56,67 | 28,98 | 50,55 | 8,24 | 52,83 | 5,12 | 51,73 | 6,85 | 26,20 | 5,50 |
| 170 | 1040 | 39,3 | 25,44 | 84,99 | 31,74 | 114,59 | 21,17 | 89,96 | 3,64 | 106,50 | 15,53 | 21,50 | 9,47 |
| 172 | 1000 | 54,0 | 34,04 | 85,78 | 30,74 | 75,75 | 14,12 | 80,42 | 9,25 | 79,80 | 10,90 | 28,45 | 7,15 |
| 175 | 1031,5 | 20,0 | 100,00 | 38,70 | 25,45 | 32,50 | 16,45 | 34,35 | 13,42 | 33,15 | 14,75 | 22,74 | 6,12 |
| 123 | 1035 | 5,0 | 200,00 | 77,85 | 12,36 | 94,36 | 18,21 | 69,20 | 5,42 | 70,50 | 4,95 | 19,67 | 13,82 |
| *Structura V* | | | | | | | | | | | | | |
| 803 | 1980 | 52,0 | 38,46 | 179,67 | 57,50 | 211,80 | 10,37 | 194,00 | 8,97 | 201,73 | 12,28 | 64,94 | 12,93 |
| 804 | 2029,5 | 65,0 | 93,30 | 206,57 | 88,49 | 238,60 | 11,52 | 202,75 | 2,68 | 226,51 | 7,85 | 86,29 | 2,39 |
| 805 | 1995 | 42,0 | 71,48 | 178,02 | 60,62 | 216,00 | 13,40 | 190,25 | 2,50 | 201,65 | 9,50 | 58,12 | 1,35 |
| 89 | 2012 | 40,0 | 100,00 | 197,60 | 81,03 | 256,12 | 15,26 | 188,30 | 4,76 | 235,15 | 10,49 | 77,80 | 2,48 |
| 814 | 2016 | 35,0 | 114,28 | 187,86 | 110,04 | 265,10 | 31,08 | 218,15 | 14,23 | 242,75 | 23,20 | 74,24 | 25,50 |
| 824 | 2012 | 17,0 | 58,82 | 165,99 | 89,74 | 204,75 | 13,35 | 192,64 | 12,54 | 202,37 | 19,21 | 74,00 | 17,25 |
| 826 | 2014,5 | 42,0 | 71,42 | 174,22 | 56,92 | 211,25 | 11,13 | 168,45 | 3,45 | 196,76 | 6,08 | 52,54 | 2,84 |
| 830 | 1983 | 23,0 | 43,47 | 81,97 | 5,56 | 182,44 | 74,24 | 75,82 | 7,46 | 137,29 | 57,47 | 3,97 | 28,59 |
| 841 | 1980 | 37,5 | 106,60 | 171,20 | 56,68 | 206,55 | 16,60 | 138,00 | 19,42 | 186,73 | 9,03 | 62,50 | 10,26 |
| 846 | 1552 | 38,6 | 88,10 | 105,40 | 78,14 | 143,50 | 22,15 | 135,20 | 25,27 | 148,24 | 30,64 | 67,20 | 14,00 |
| 859 | 1969,5 | 31,0 | 32,25 | 110,64 | 22,65 | 147,70 | 19,54 | 142,50 | 26,51 | 135,27 | 18,26 | 19,46 | 11,55 |
| 118 | 2000 | 32,5 | 61,50 | 149,82 | 38,32 | 193,75 | 20,42 | 153,80 | 2,65 | 176,32 | 15,68 | 34,60 | 8,70 |
| 119 | 1999 | 32,0 | 62,50 | 158,09 | 48,29 | 203,36 | 19,25 | 168,47 | 6,57 | 188,47 | 17,22 | 41,09 | 9,90 |
| 120 | 2000 | 38,8 | 90,90 | 184,97 | 66,18 | 240,20 | 17,31 | 172,50 | 4,31 | 202,42 | 4,74 | 68,87 | 1,61 |

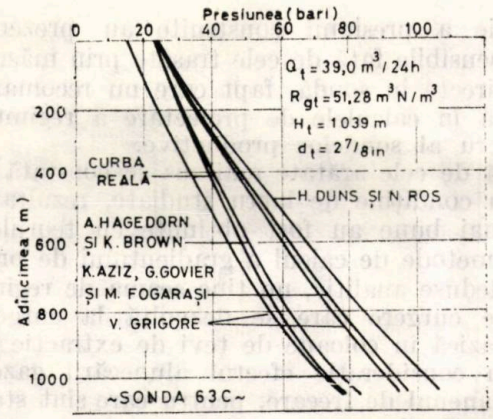



Fig. 1

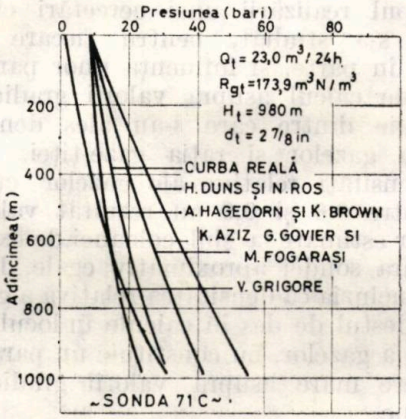



Fig. 2

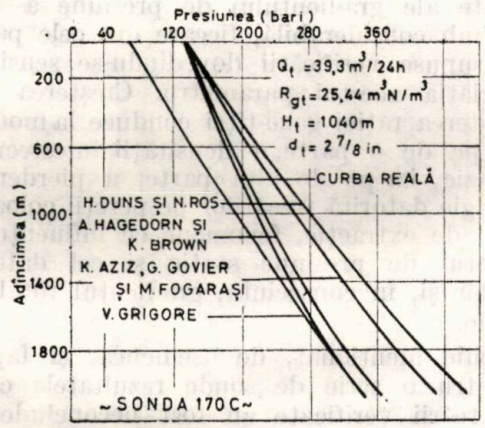



Fig. 3

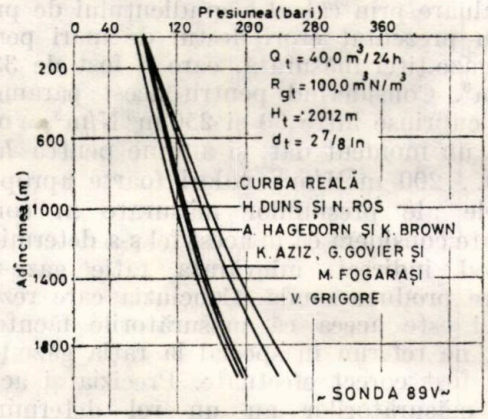



Fig. 4

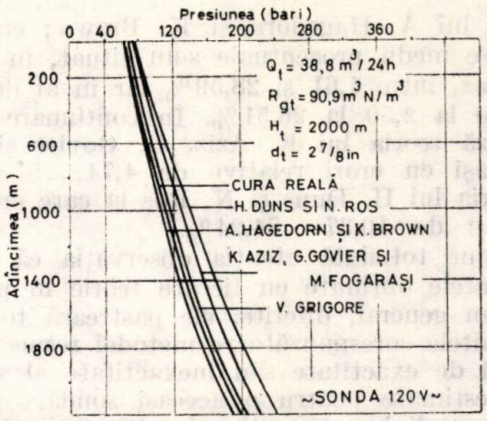



Fig. 5

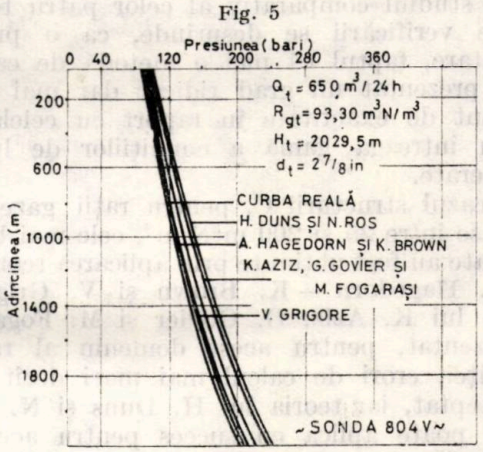



Fig. 6

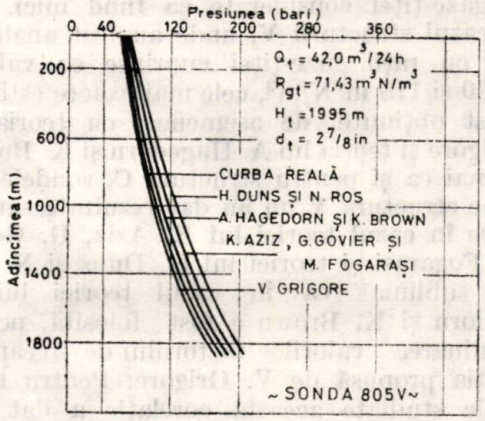



Fig. 7

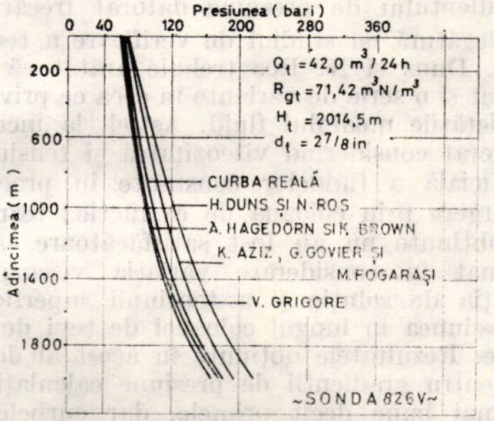



Fig. 8

cea a lui A. Hagedorn și K. Brown; erorile relative medii procentuale s-au situat, în primul caz, între 1,61 și 28,59%, iar în al doilea caz de la 2,50 la 26,51%. În continuare se situează teoria lui K. Aziz, G. Govier și M. Fogarași cu erori relative de 4,74...57,46% și teoria lui H. Duns și N. Ros la care erorile au fost de 10,37...74,24%.

Reține totodată atenția observația că deși rezultatele obținute cu fiecare teorie în parte sînt, în general, diferite, ele păstrează totuși, în limitele corespunzătoare metodei respective, gradul de exactitate sau inexactitate al valorilor estimate pentru o aceeași sondă.

Din studiul comparativ al celor patru teorii supuse verificării se desprinde, ca o primă constatare, faptul că nici o metodă de calcul nu a prezentat un grad ridicat dar mai ales constant de exactitate în raport cu celelalte, pentru întreaga gamă a condițiilor de lucru considerate.

În cazul structurii C, pentru rații gaze-țiță cuprinse între 25 și 200 $m^3N/m^3$, cele mai bune rezultate au fost obținute prin aplicarea teoriilor lui A. Hagedorn — K. Brown și V. Grigore. Teoria lui K. Aziz, G. Govier și M. Fogarași a prezentat, pentru acest domeniu al rației gaze-țiței, erori de calcul mai mari decît era de așteptat, iar teoria lui H. Duns și N. Ros nu se poate aplica cu succes pentru această structură în cazul sondelor care produc cu rații gaze-țiței considerate ca fiind mici.

În cazul structurii V, unde au fost analizate sonde cu rații gaze-țiței cuprinse ca valoare între 30 și 115 $m^3N/m^3$, cele mai exacte estimări au fost obținute, de asemenea, cu teoria lui V. Grigore și teoria lui A. Hagedorn și K. Brown. Întocmai ca și pentru structura C, sondele testate pe structura V nu au dat rezultate satisfăcătoare în cazul teoriei lui K. Aziz, G. Govier și M. Fogarași și teoriei lui H. Duns și N Ros.

De subliniat că în cazul teoriei lui A. Hagedorn și K. Brown a fost folosită, pentru determinarea valorilor factorului de frecare, și corelația propusă de V. Grigore. Pentru toate cazurile studiate această corelație a dat cele mai bune rezultate în calculul de evaluare a gradientului de presiune datorat frecărilor.

În legătură cu studiul de verificare a teoriei lui H. Duns și N. Ros trebuie arătat că s-a încercat și o serie de variante în ceea ce privește proprietățile mediului fluid. Astfel, la început s-a lucrat considerînd vîscozitatea și tensiunea superficială a fluidelor constante în procesul de curgere prin coloana de extracție; rezultatele obținute nu au fost satisfăcătoare. Apoi s-a luat în considerare variația vîscozității cu rația de soluție și a tensiunii superficiale cu presiunea în lungul coloanei de țevi de extracție. Rezultatele obținute în acest al doilea caz pentru gradienții de presiune calculați au fost mai bune decît primele, dar curbele de variație a presiunii construite au prezentat erori sensibile față de cele trasate prin măsurători directe în sondă, fapt care nu recomandă metoda în calculele de proiectare a regimului de lucru al sondelor productive.

Față de cele arătate mai sus se constată că, pentru condițiile de lucru studiate, rezultatele cele mai bune au fost obținute cu teoriile a căror metode de calcul a gradientului de presiune, deduse analitic, nu țin seama de regimurile de curgere care se dezvoltă la curgerea multifazică în coloane de țevi de extracție dar iau în considerație efectul alunecării gazelor și fenomenul de frecare, pentru care sînt stabilite corelații corespunzătoare.

În scopul realizării unei cercetări cît mai complete s-a studiat, pentru fiecare teorie verificată în parte, și influența unor parametri specifici de calcul asupra valorii gradientului de presiune dintre care s-au ales densitatea relativă a gazelor și rația gaze-țiței. Astfel, pentru densități relative ale gazelor cuprinse valoric între 0,6 și 0,9 au rezultat valori ale presiunilor estimate la șiul coloanei de extracție sau la gura sondei aproximativ egale. De aici rezultă concluzia că densitatea relativă a gazelor, utilizată destul de des în calcule în locul densității reale a gazelor, nu constituie un parametru cu pondere mare asupra valorii gradientului de presiune.

Influența rației gaze-țiței asupra valorilor calculate ale gradientului de presiune a fost în schimb considerabilă, fiecare din cele patru teorii supuse verificării dovedindu-se sensibilă la variația acestui parametru. Creșterea sau descreșterea rației gaze-țiței conduce la modificarea, pe de o parte, a densității amestecului multifazic, iar pe de altă parte, a pierderilor de energie datorită frecărilor pe pereții coloanei de țevi de extracție, fenomene ce influențează gradientul de presiune static și cel datorat frecărilor și, în consecință, gradientul total de presiune.

Trebuie menționat, de asemenea, și faptul că pentru o serie de sonde rezultatele celor patru teorii verificate au fost neconcludente. De exemplu, pentru sonda 62 C toate metodele de evaluare prin calcul a gradientului de presiune au prezentat erori destul de mari pentru rația gaze-țiței măsurată, care a fost de 33,61 $m^3N/m^3$. Considerînd pentru acest parametru valori cuprinse între 50 și 250 $m^3N/m^3$ s-a obținut la un moment dat, și anume pentru $R_{gt}$ = = 100...200 $m^3N/m^3$, valori foarte apropiate de cele ale presiunilor măsurate în sondă. Se poate considera că în acest fel s-a determinat, în mod indirect, adevărata rație gaze-țiței cu care produce sonda. Concluzia care rezultă de aici este aceea că măsurătorile făcute la sondă, ne referim în special la rația gaze-țiței, nu au fost corect efectuate. Precizia și acuratețea măsurătorilor au un rol determinant

într-un astfel de studiu destinat determinării variației presiunii în sondele productive cu caracter eruptiv.

### Concluzii

În lucrare au fost abordate și clarificate unele aspecte care caracterizează ascensiunea amestecurilor multifazice în coloana de țevi de extracție, iar pe baza rezultatelor obținute în urma studiului critic și comparativ al teoriilor propuse pentru verificare au putut fi stabilite gradul lor de exactitate, posibilitățile și limitele lor de utilizare în concordanță cu condițiile caracteristice funcționării sondelor eruptive.

Se poate afirma că prin acest studiu s-a realizat un progres în modul de utilizare și abordare a teoriilor de ascensiune a fluidelor prin coloana de extracție, teorii care, așa cum s-a arătat, prin metodele de determinare a gradienților de presiune puse la dispoziție și deci prin posibilitățile de evaluare a variației presiunii în sonde, constituie baza științifică de stabilire a regimului tehnologic de funcțio nare a sondelor în erupție naturală și artificială.

### Bibliografie


[1] Aziz, K., Govier, G. W., Fogarași, M. *Pressure drop in wells producing oil and gas.* Journal Canadian of Petroleum Technology, July-Sept. 1972.

[2] Duns, H., Jr., Ros, N. C. J. *Vertical flow of gas and liquid mixtures in wells.* Sixth World Petroleum Congress, proceding, Sect. II, Frankfurt am Main, June, 1963.

[3] Grigore, V. *Cercetări privind optimizarea regimului tehnologic de extracție a țițeiului prin erupție artificială* Teză de doctorat, Ploiești, 1977.

[4] Hagedorn, A. R. , Brown, K. E. *Experimental study of pressure gradients occurring during continuus two phase flow in small diameter vertical conducts.* Journal of Petroleum Technology, April, 1965.

[5] Popa, C. Gh. *Programare în FORTRAN și metode numerice cu aplicații în foraj — extracție.* I.P.G., Ploiești, 1978.

[6] Sitaru, D. *Studiul comparativ al metodelor de ascensiune a fluidelor multifazice prin țevi verticale cu exemplificare pentru condițiile sondelor care produc în erupție naturală în cadrul Schelei de extracție* T Proiect de diplomă, I.P.G., Ploiești, 1980.


# Date geocronologice referitoare la fundamentul metamorfic și la unele corpuri magmatice din Platforma moesică


**D. Paraschiv, Cr. Demetrescu, M. Soroiu**


Interesul pe care-l prezintă Platforma moesică pentru lărgirea bazei energetice și de materii prime a țării noastre a determinat efectuarea unui apreciabil volum de lucrări geofizice și de foraj, în scopul aprofundării cunoașterii alcătuirii geologice și evaluării potențialului petro-gazeifer al acestei unități. În pofida celor cîteva mii de sonde săpate și a studiilor întreprinse în ultimii 20 ani, o serie de aspecte ale evenimentelor majore care au influențat evoluția platformei, mai ales în prejurasic, n-au putut fi încă suficient de bine clarificate. Dintre acestea sînt de menționat: vîrsta fundamentului metamorfic, „momentul" sau „momentele" pun erii în loc a numeroaselor corpuri magmatice, relațiile dintre magmatitele intrusive și cele efuzive etc. Implicațiile de ordin științific și economic ale aspectelor obscure, amintite mai înainte, au impus programarea unor investigații suplimentare, inclusiv determinări de vîrste izotopice, în vederea descifrării lor.

Lucrarea de față își propune să prezinte primele date geocronologice privind metamorfitele și magmatitele din Platforma moesică, precum și cîteva comentarii preliminare pe marginea rezultatelor obținute. Un studiu complet asupra acestor aspecte va fi elaborat într-un viitor apropiat, după încheierea ansamblului de investigații programate.

Tehnica de laborator, în cazul determinărilor efectuate, este cea aplicată și în lucrările anterioare. În dozarea potasiului s-a folosit analiza prin activare cu neutroni rapizi, iar pentru dozarea argonului radiogenic — analiza prin reactivare cu neutroni termici. La calcularea vîrstelor izotopice K—Ar, s-au utilizat constantele $\lambda\beta = 4{,}962\ 10^{-10}\ an^{-1}$, $\lambda e + \lambda' e = 0{,}581\ 10^{-10}\ an^{-1}$ și $40_{K=0{,}01167\ atom\ \%}$.

Datele de referință și rezultatele analizelor efectuate sînt redate în tabelul 1.

Valorile obținute confirmă numai în parte vîrsta unor nivele de roci efuzive, masive intrusive și a fundamentului metamorfic, apreciată de diferiți autori. În alte cazuri, însă, datele de mai sus diferă substanțial de părerile exprimate în literatura de specialitate, așa cum se poate constata din cele ce urmează.

1. **Fundamentul metamorfic,** cunoscut numai la vest de rîul Argeș, a fost deschis de cinci foraje. Carotele recuperate din aceste sonde indică următoarele tipuri de roci:

sonda 1 Optași: cloritoșist cu porfiroblaste de albit și zoizit (3188—3190 m); cloritoșist cu cuarț (3130—3131 m);

*Tabelul 1*

| Nr. crt. | Sonda nr. | Adîncimea probei, m | Tipul rocii | Materialul analizat | K, % | $^{40}$Ar. rad $10^{-9}$ g/g | Vîrsta, mil. ani |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 3317 Oporelu | 3345—3346 | şist amfibolic | muscovit | 5,56 | 251,00 | 566±11 |
| 2. | 4501 Budeşti | 4396—4400 | micaşist | biotit + amfiboli | 2,16 | 97,00 | 543±17 |
| | | 4363—4367 | micaşist | biotit + amfiboli | 2,16 | 97,00 | 543±17 |
| 3. | 921 Mogoşeşti | 4500—4502 | granit | biotit | 4,54 | 133,00 | 371±11 |
| 4. | | 2787—2798 | meladiorit | amfiboli | 0,33 | 8,90 | 350±11 |
| | 4207 Leu | 2648—2649 | meladiorit | amfiboli | 0,33 | 8,90 | 350±11 |
| | | 2514—2519 | dolerit | rocă globală | 0,45 | 8,60 | 250± 8 |
| 5. | 10 Slatina | 3186—3187 | diorit | rocă globală | 0,62 | 13,80 | 289± 9 |
| 6. | 4242 Gliganu | 4147—4149 | granodiorit | biotit | 6,83 | 147,00 | 281±10 |
| | | 4100—4102 | granodiorit | biotit | 6,83 | 147,00 | 281±10 |
| 7. | 100 Balş | 2540—2540,5 | amfibolit | rocă globală | 0,22 | 4,70 | 281± 9 |
| 8. | 5 Strîmbeni | 2700—2701 | porfirit piroxenic | rocă globală | 1,65 | 29,80 | 243±12 |
| 9. | 262 Brădeşti | 2537—2540 | bazalt | rocă globală | 0,90 | 14,49 | 218±10 |
| 10. | 263 Brădeşti | 2549—2464 | bazalt | rocă globală | 0,60 | 2,11 | 207±10 |
| 11. | 2841 Smirna | 2310—2312 | andezit | rocă globală | 1,82 | 26,30 | 197± 6 |

sonda 4511 Optaşi: şist amfibolic-cloritic cu epidot (3807—3812 m şi 3759—3762 m);
sonda 3317 Oporelu: şist amfibolic-cloritic cu epidot şi calcit (3345—3346 m);
sonda 3020 Priseaca: şist cuarţo-sericitic-muscovitic (2001—2002 m);
sonda 4501 Budeşti: micaşist cu granat, retromorfozat şi milonitizat (4396—4400 m); micaşist cu granat (4363—4367 m).

Într-o primă etapă a cercetărilor din Platforma moesică, fundamentul de şisturi cristaline epi şi mezometamorfice a fost considerat mai vechi decît ordovicianul, cu multă probabilitate, precambrian [2]. Oncescu [7] apreciază că şisturile cristaline, care formează întregul fundament al Cîmpiei române, au fost cutate într-o fază de orogeneză, probabil de la sfîrşitul precambrianului. După Paraschiv [8] formaţiunile cristalofiliene ar putea fi mai vechi decît seria şisturilor verzi, probabil de vîrstă precambriană.

Potrivit determinărilor făcute recent (tab. 1), vîrsta metamorfitelor în discuţie este de 543 ±17 (pe două probe la sonda 4501 Budeşti), 566 ±11 mil. ani (sonda 3317 Oporelu), ceea ce ar corespunde fazei assyntice. Aproximativ aceeaşi vîrstă s-a obţinut şi pentru seria şisturilor verzi din Dobrogea [4]. Trebuie menţionat, însă, că o parte dintre rocile examinate (3317 Oporelu, 4501 Budeşti) sînt retromorfozate şi prezintă urme de zdrobire sau efecte de presiune, manifestate prin extincţie puternic ondulatorie (1 Optaşi). Aceste elemente sugerează că şisturile cristaline din Platforma moesică au fost metamorfozate mai înainte, posibil în precambrian, şi că ele au suferit noi transformări în timpul diastrofismului assyntic, odată cu cutarea seriei şisturilor verzi.

**2. Magmatitele intrusive** constau din granite, granodiorite, diorite, meladiorite, gabbrouri şi amfibolite. Acestora li se adaugă roci filoniene, de tipul aplitelor granitice şi doleritelor.

Un prim studiu al masivelor instrusive din Platforma moesică a fost efectuat de Barbu şi Dăneţ [1]. Potrivit acestor autori, magmatitele intrusive care, împreună cu şisturile cristaline, formează fundamentul platformei, se grupează în două sectoare, separate de falia Oltului. Sectorul vestic, Balş-Dioşti, este alcătuit, predominant, din roci cu caractere diferenţiate bazice, de tipul gabbrouri şi al meladioritelor, cărora li se adaugă granodioritele şi dioritele cuarţifere. Sectorul nord-estic, Slatina-Mogoşeşti, este alcătuit din roci cu caracter profund acid, suprasaturate în $SiO_2$, fapt ilustrat prin variaţiile structurale şi mineralogice de granite. Masivul eruptiv de la Balş s-a pus în loc în paleozoic (nedefinit), iar cel de la Slatina-Mogoşeşti — în paleozoicul inferior.

Sondele săpate după publicarea articolului menţionat [1] au arătat o compoziţie şi o

distribuție relativ diferită de cea intuită de autorii primului studiu.

Mutihac [6], reluînd datele publicate de Barbu și Dăneț, apreciază că punerea în loc a corpului magmatic de la Balș-Optași-Slatina s-a produs, probabil, în orogeneza baikaliană, reprezentînd, pe cît se pare, magmatismul plutonic tardiorogen al ciclului baikalian. Se subliniază, totodată, faptul că nu se cunosc raporturile corpului magmatic cu cristalinul în care este intrus.

Într-un studiu foarte recent, Pătruț ș.a. [10] consideră că magmatitele intrusive, împreună cu metamorfitele, constituie fundamentul precambrian al platformei. Toate ocurențele de roci intrusive alcătuiesc un corp unitar, un imens biotit, „format după toate regulile diferențierii magmatice, cu meladiorite în nucleu (Bîrza, Leu, Balș), înconjurate la est de diorite s. str. (Balș, Găneasa, Slatina), de diorite cuarțifere-tonalite (Dioști, Slatina) și de granodiorite (Dioști). Către NE urmează granite (Oporelu, Priseaca, Mogoșești), cu o aureolă de microgranite în bază (Străjești), mărginite la nord de șisturi metamorfice de mezo și epizonă...“ (pag. 15). Cele mai vechi depozite sedimentare care se dispun peste fundamentul complex aparțin cambrianului, iar la Mogoșești, granitele întîlnite de sonda 921, suportă chiar Gresia de Torridon (pag. 46).

Un punct de vedere aparte l-a exprimat D. Paraschiv în anul 1974 [8] și anume că magmatitele intrusive s-au pus în loc în mai multe etape, inclusiv în faza bretonă. În acest sens s-a analizat și prezentat, în detaliu, situația sondei 100 Balș. Cu alte cuvinte, rocile intrusive ale Platformei moesice aparțin, cel puțin în parte, ciclului hercinic.

Revenind la determinările de vîrstă izotopică, făcute recent, este de menționat că, exceptînd gabbrourile, analizele s-au referit la toate tipurile de roci intrusive, așa cum se poate constata din cele ce urmează.

a. *Granitele și microgranitele* se cunosc din carotele extrase la următoarele sonde :

11 Priseaca : 1970—1972 m ; 100 Balș : 2512—2512,5 m ; 103 Străjești : 3061—3062 m (microgranitele) ; 3004 Străjești : 3445—3447 m ; 921 Mogoșești : 4500—4502 m.

Analiza carotei de la sonda 921 Mogoșești a indicat 371 ± 11 mil. ani, ceea ce, cu aproximație, ar corespunde fazei bretone. După cum se va vedea mai departe, acestea reprezintă cele mai vechi roci magmatice intrusive din Platforma moesică, determinate pînă în prezent . În această situație, arenitele asimilate Gresiei de Torridon [10] nu pot fi decît permiene, lucru dealtfel specificat într-o lucrare anterioară [9].

b. *Granodioritele* au fost evidențiate de forajele : 45 Dioști : 2052—2052,5 m și 4242 Gliganu : 4147—4149 m și 4100—4102 m.

Ambele carote de la sonda 4242 Gliganu indică 281 ± 10 mil. ani, vîrstă care amintește de faza asturică.

c. *Dioritele* sînt cunoscute în sondele 29 Dioști : 2335—2335,5 m, 10 Slatina : 3186—3187 m și 3105—3106 m și 127 Găneasa : 1948,5—1950 m.

Una dintre carotele provenite de la sonda 10 Slatina (3186—3187 m) arată 289 ± 9 mil. ani, iar proba de la sonda 127 Găneasa indică 249 ± 7 mil. ani. Prima s-ar sincroniza cu faza asturică, iar cea de-a doua ar corespunde fazei saalice. Nu este exclus ca dioritele ambelor sonde să fi fost puse în loc în faza asturică, vîrsta mai recentă de la Găneasa putîndu-se explica prin efectele proceselor de alterare hidrotermală, care au intervenit ulterior.

d. *Gabbrourile* au fost evidențiate de sondele 110 Bîrza : 1803—1805 m și 2255 Ciureșit : 2200—2201 m.

Nici una dintre cele două probe nu s-au mai păstrat, astfel încît nu există posibilitatea verificării vîrstei lor.

e. *Meladioritele* au fost întîlnite de sonda 4207 Leu și semnalate prin carotele prelevate pe intervalele : 2787—2789 m, 2648—2649 m, 2514—2519 m și 2490—2491 m. Primele două probe examinate (2787—2789 m și 2648—2649 m) au indicat aceeași vîrstă, 350 ± 11 mil. ani, valoare care sugerează, de asemenea, faza bretonă.

f. *Amfibolitele* se cunosc în sondele 100 Balș : 2704—2704,5 m, 2665—2665,5 m ; 2601—2601,25 m, 2540—2540,5 m și 20 Slatina ? : 2391—2392 m.

Intervalul 2540—2540,5 m, de la sonda 100 Balș, a arătat 289 ± 9 mil. ani, plasîndu-se în preajma fazei asturice.

g. *Rocile filoniene*, constînd din aplite granitice (numai la sonda 4207 Leu s-au semnalat și dolerite) au fost evidențiate cu forajele 100 Balș : 2365—2366 m, 4207 Leu : 2514—2519 m, 25 Corbu : 2550—2560 m și 1 Optași : 3 100—3100,5 m.

Rocile filoniene de la sonda 4207 Leu, care străbat meladioritele bretone, au o vîrstă izotopică de 250 ± 8 mil. ani, deci sînt contemporane dioritelor de la Găneasa (faza saalică).

În lumina datelor disponibile, se pot contura următoarele concluzii privitoare la rocile magmatice intrusive din Platforma moesică :

- magmatitele intrusive, inclusiv rocile filoniene, cunoscute pînă în prezent în Platforma moesică, aparțin ciclului tectonomagmatic hercinic ; aceste intruziuni s-au produs, după cîte se pare, în trei etape : faza bretonă, faza asturică și faza saalică ;
- în anumite zone labile, evenimentele magmatice s-au repetat, cel puțin și în faza saalică ;
- granitele și meladioritele de la Mogoșești-Leu ar fi sincrone granitoidelor bretone din

Dobrogea de nord [5], iar granodioritele, dioritele și amfibolitele (posibil și gabbrourile) din zona Slatina-Ciurești ar corespunde, în parte, intruziunilor postcarapelitice din aceeași unitate geologică (3).

3. **Magmatitele efuzive** au o largă răspîndire pe marginea nordică a platformei, între rîurile Argeș și Jiu. Ocurențe izolate s-au mai întîlnit la sud de București (Dobreni) și la Smirna (sud Făurei). O notă de sinteză asupra acestor roci vulcanice a fost realizată de D. Paraschiv [9] cu patru ani în urmă. Lucrarea respectivă subliniază existența a patru nivele succesive de vulcanite: porfire feldspatice și cuarțifere (în bază), urmate de roci eruptive predominant bazice (bazalte), apoi din nou porfire (într-o singură sondă) și, în final, bazalte, alături de melafire și piroclastite. Porfirele din prima fază și efuziunile bazice din faza a doua sînt asociate, probabil, mișcărilor saalice, iar nivelul superior de porfire (faza a III-a) — fazei pfalzice. Efuziunile bazice finale (faza a IV-a) se plasează la nivelul carnianului, dacă nu și în norian. Lucrarea nu s-a referit și la rocile magmatice traversate de sonda 2841 Smirna.

Un studiu mai recent [10] face un amplu comentariu, pe alocuri cu nuanțe polemice pe marginea rocilor efuzive din regiunea amintită, fără să aducă însă contribuții privind poziția stratigrafică și vîrsta erupțiunilor în discuție.

Determinările de vîrstă izotopică au avut în vedere numai magmatitele bazice din fazele a II-a și a IV-a, precum și andezitele de la Smirna. Rezultatele obținute sînt următoarele:

— faza a II-a, sonda 5 Strîmbeni: porfirit piroxenic (2700—2701 m) = 243 ± 12 mil. ani;

— faza a IV-a, sonda 262 Brădești (fig. 1): bazalt cu piroxeni și olivină (2537—2540 m) = = 218 ± 10 mil. ani; sonda 263 Brădești: bazalt (2459—2464 m) = 207 ± 10 mil. ani;

— sectorul Smirna, sonda 2841 (fig. 1): andezit (2310—2312 m) = 197 ± 6 mil. ani.

Datele geocronologice obținute confirmă aprecierea făcută anterior [9] în sensul că faza a II-a de erupțiuni este legată de diastrofismul saalic și precizează că vulcanismul bazic al fazei a IV-a este de vîrstă medio-triasică. Andezitele de la Smirna ar putea reprezenta o a V-a fază, specifică microplăcii Mării Negre, care a avut loc la sfîrșitul triasicului, în preajma diastrofismului eokimmeric. În ceea ce privește nivelele de roci eruptive acide ale primei și ale celei de a treia faze, investigațiile în curs vor avea darul să aducă clarificări în legătură cu problema discutată.

Informațiile disponibile pînă în prezent par să contureze următorul tablou al evenimentelor magmatice din Platforma moesică:

- magmatismul intrusiv este de vîrstă hercinică;
- principalele efuziuni magmatice au avut loc în permian și triasic; nu se exclud și erupțiuni mai vechi, dovadă cineritele semnalate în ordovician, silurian și în carbonifer;
- cel puțin o parte a magmatitelor intrusive ar putea fi sincrone (corelate) nivelelor de roci efuzive;
- dacă se face abstracție de vîrsta dioritelor de la Găneasa (afectate, probabil, de un eveniment geotermal mai recent), atunci vîrsta și raporturile magmatitelor, care fac obiectul notei de față, ar putea să se prezinte astfel:

371—350 mil. ani (faza bretonă): granite și meladiorite;

289—281 mil. ani (faza asturică) = granodiorite, diorite, amfibolite și, posibil, gabbrouri;

250—243 mil. ani (faza saalică) = aplite granitice și dolerite (roci filoniene), porfire? (prima fază) și bazalte (faza 2-a);

218—207 mil. ani (triasicul mediu) = bazalte, melafire, piroclastite;

197 mil. ani (faza kimmerică veche) = = andezite.

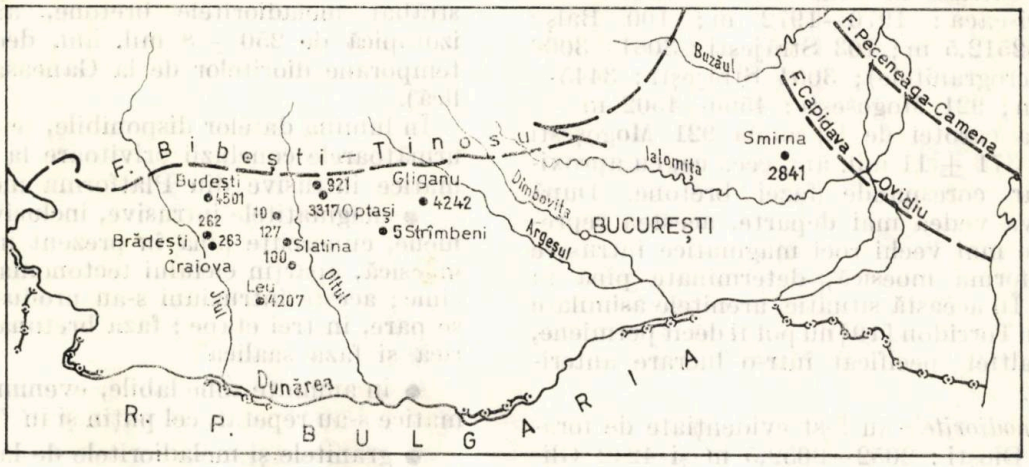



Fig. 1. Poziția sondelor la care s-au făcut determinări de vîrstă izotopică.

Datele și concluziile de mai sus constituie rezultatele unei prime etape de cercetare și, ca urmare, acestea au, după cum s-a mai spus, un caracter preliminar. Într-o formă mai adîncită, rezultatul studiului în curs ar putea face din Platforma moesică — regiune cu o evoluție geodinamică mai calmă — o unitate de referință pentru domeniile orogenice învecinate.

**Bibliografie**


[1] Barbu, C., Dănet, T. *Asupra fundamentului Platformei moesice din zona Balș-Optași.* Petrol și Gaze, nr. 7, 1970, p. 391—396.

[2] Grigoraș, N., Pătruț, I., Popescu, M. *Contribuții la cunoașterea evoluției geologice a Platformei moesice de pe teritoriul R.P.R.* Asoc. Geol. Carp.-Balc. Congr. V, IV, p. 115—131, București, 1963.

[3] Ianovici, V. ș.a. *Privire generală asupra Dobrogei.* Asoc. Geol. Carp.-Balc., Congr. V, Ghidul excursiiior, București, 1963.

[4] Minzatu, S. ș.a. *Date geocronologice obținute pentru formațiuni cristalofiliene și masive eruptive din România.* D.S. Inst. geol., geof., LX1/5, p. 85—111, București, 1975.

[5] Mureșan, M. *Privire de ansamblu asupra succesiunii de formare a rocilor magmatogene paleozoice sinorogene (s.l.) și subsecvente din Dobrogea de nord.* D.S. Inst. geol., geof., LX1/5, p. 113—133, București, 1975.

[6] Mutihac, V., Ionesi, L. *Geologia României.* Ed. tehnică, p. 53—87, București, 1975.

[7] Oncescu, N. *Geologia României.* Ed. tehnică, p. 119—141, București, 1965.

[8] Paraschiv, D. *Studiul stratigrafic al Devonianului și Carboniferului din Platforma moesică, la est de rîul Argeș.* St. tehnice și ec., J/12, București, 1974.

[9] Paraschiv, D. *Considerații asupra poziției stratigrafice și vîrsta unor magmatite efuzive din Platforma moesică.* St. cerc. geol., geof., geogr., seria geol. 23/2, p. 291—298, București, 1978.

[10] Pătruț, I. ș.a. *Triasicul și Paleozoicul de pe marginea de nord a Platformei moesice, între Valea Jiului și Valea Argeșului.* T. 445, București, 1980.


# ȘTIRI

## Exploatarea unor zăcăminte de lignit din R. F. Germania

La exploatarea de lignit în carieră de la „Hombach" (R.F.G.) din cadrul combinatului „Rheinische Braunkohlenwerke", se apreciază că rezervele reprezintă circa 2,4 Gt, extracția urmînd a fi repartizată pe următorii 50 de ani. Exploatarea se va efectua progresiv. Redarea în circuitul economic a terenurilor degradate se va face în mod sistematic și continuu, astfel că terenul va avea o nouă configurație la terminarea exploatării.

Exploatarea, începută la 16 octombrie 1980, va atinge capacitatea totală de producție planificată, de 45—50 mil. tone/an, în anul 1990. Cărbunele extras va fi utilizat, în special, în scopuri energetice (1/4 din producția de energie electrică din R.F.G. se bazează pe lignit); alte întrebuințări: brichetare, cocsificare, iar în viitor pentru gazeificare (gaz sintetic).

Descopertarea va dura aproximativ cinci ani. În jurul anului 1985, adîncimea descopertării va ajunge la circa 200 m și se vor utiliza cinci excavatoare cu rotor și cupe, fiecare cu o capacitate de producție de 200.000—240.000 m³/zi (ceea ce ar corespunde cu circa 300 mil. tone/an de steril).

Se prevede transportul a 1 Gm³ steril și, în acest scop, se va crea un „munte" artificial în apropierea de Jülich — Sttering, denumit „Sophienhöhe", care va fi gata la începutul anului 1990, prin plantarea cu arbuști, constituind un parc de agrement. În final „muntele" va avea o înălțime de 170 m. O mare parte din sterilul rămas va fi folosit ca rambleu la exploatarea „Fortuna-Garsdorf" și apoi la „Bergheim". În acest scop vor funcționa transportoare cu bandă (lungimea de 14 km), care vor transporta circa 100 mil. m³/an. În momentul terminării lucrărilor, se consideră că vor fi recuperate circa 2 350 ha (destinate în special agriculturii). Este de menționat că, de cînd au început lucrările de extracție a lignitilor în carieră din regiunea Rinului, s-au reamenajat circa 12 000 ha de teren.

O problemă importantă pentru exploatările în carieră este existența pînzei de apă freatică. În această regiune, pînza de apă freatică se evacuează prin puțuri, în care sînt introduse pompe submersibile.

Principalele caracteristici ale exploatării în cariera de la „Hambach" sînt următoarele

| | |
|---|---|
| — Suprafața de exploatare, ha | 8 500 |
| — Adîncimea de exploatare maximă, m | 550 |
| — Suprafața „muntelui" Sophienhohe (zona de haldare a sterilului), ha | 1 000 |
| — Volumul rezervelor, Gt | 2,4 |
| — Volumul sterilului de deplasat, m³ | 14,6 |
| Utilaje folosite: | |
| a. Excavatoarele cu rotor și cupe, producție, m³/zi; (personalul de supraveghere și de comandă a unui excavator, 5) | 240 000 |
| — Greutatea excavatorului, t | 13 100 |
| — Diametrul rotorului cu cupe, m | 21,6 |
| — Lungimea totală a utilajului, m | 225 |
| — Înălțimea totală a utilajului, m | 96 |
| b. Capacitatea macaralei-portal pentru deversare, m³/zi; (personal, 5) | 240 000 |
| — Greutatea unui utilaj, t | 5 400 |
| — Lungimea brațului, m | 100 |
| — Lungimea totală a utilajului, m | 180 |
| — Înălțimea totală a utilajului, m | 64 |

Se utilizează transportoare cu bandă care la începutul exploatării au o lungime de 8 km, iar la terminare 110 km; banda are lățimea de 2,8 m; viteza de 7,5 m/s. Acestea asigură separarea cărbunelui de steril. Utilajele de bază (excavatoare și macarale portal) se deplasează pe cărucioare cu șenile (greutatea, 2 000 t; înălțimea, 26 m; lățimea, 96 m).

Considerentele economice sînt preponderente în momentul luării deciziei metodei de exploatare. Exploatările în carieră cu flux continuu prezintă mari avantaje economice, deși necesită cheltuieli mari de investiții (pentru comparație: 5 G mărci R.F.G., pînă în 1990, la „Hombach" și 11 G mărci R.F.G. pentru ansamblul exploatărilor din zona Rheinbraun). Se apreciază că aceste investiții sînt recuperabile, ținînd seamă de costul actual al energiei produse.

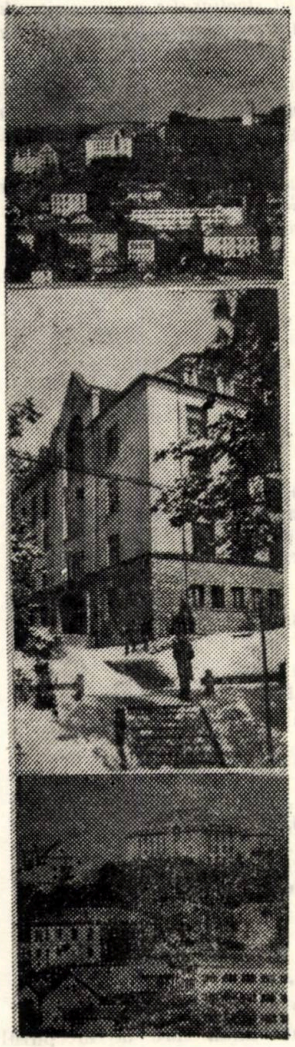
În zona „Rheinbran", cu cinci cariere, forța de muncă este de 15 000 persoane

Prelucrare după Glückauf, nr. 3, 1981 și Industrie minérale, nr. 4, 198

# INSTITUTUL DE MINE PETROŞANI

STRADA INSTITUTULUI nr. 20

## pregăteşte ingineri şi subingineri în profilele mine, mecanic şi electric prin următoarele facultăţi:



### facultatea de mine

| Profil | Tip învăţămînt | Durata | Specializarea |
|---|---|---|---|
| mine | ingineri, zi | 5 ani | mine* |
| mine | ingineri, seral | 6 ani | mine |
| mine | ingineri, zi | 5 ani | exploatări la zi |

* Din anul IV se poate opta pentru grupele de aprofundare :
- exploatări miniere
- topografie minieră
- prepararea substanţelor minerale utile

| | | | |
|---|---|---|---|
| mine | subingineri, zi | 3 ani | mine |
| mine | subingineri, zi | 3 ani | topografie minieră |
| mine | subingineri, zi | 3 ani | exploatări miniere la zi |
| mine | subingineri, seral | 4 ani | mine |

### facultatea de maşini şi instalaţii miniere

| Profil | Tip învăţămînt | Durata | Specializarea |
|---|---|---|---|
| mecanic | ingineri, zi | 5 ani | maşini şi instalaţii miniere* |
| mecanic | ingineri, seral | 6 ani | maşini şi instalaţii minicre |

* Din anul IV se poate opta pentru grupele de aprofundare :
- exploatarea, întreţinerea şi repararea maşinilor miniere
- construcţii de maşini miniere
- electrificări şi automatizări în industria minieră

| | | | |
|---|---|---|---|
| electric | subingineri, zi | 3 ani | electromecanică tehnologică |
| electric | subingineri, seral | 4 ani | electromecanică tehnologică |

In Institutul de Mine Petroşani funcţionează un atelier de cercetare-proiectare-microproducţie, care execută, pentru industria minieră, lucrări de cercetare ştiinţifică şi proiectare tehnologică, lucrări de strungărie, lăcătuşerie şi sudură.

Condiţiile privind admiterea în cadrul institutului sînt cele prevăzute în broşura

ADMITEREA ÎN ÎNVĂŢĂMÎNTUL SUPERIOR

Informaţii suplimentare la sediul institutului

MINISTERUL PETROLULUI

# CENTRUL DE CALCUL ŞI LUCRĂRI AUXILIARE

REALIZEAZĂ PENTRU BENEFICIARII DIN RAMURA EXTRACTIVĂ O GAMĂ VARIATĂ DE LUCRĂRI, PRIN :

## activitatea de informatică

- Cercetare, proiectare şi implementare sisteme informatice;
- Elaborare pachete de programe pentru studii, optimizări, prognoze şi calcule inginereşti ;
- Proiectare asistată de calculator a capacităţilor de producţie ;
- Exploatare curentă de sisteme de prelucrare automată a datelor ;
- Asistenţă tehnică.

## activitatea de industrie

- Prin Secţia confecţii piese de schimb din cauciuc realizează garnituri de etanşare pentru : instalaţii de foraj, instalaţii de extracţie ţiţei şi gaz metan, agregate de cimentare, complexe mecanizate de abataj, precum şi alte repere din cauciuc şi pînză cauciucată .

## lucrări auxiliare

- Machete pentru obiective de investiţii, tehnologii de exploatare şi preparare ;
- Lucrări de editare, tipărire şi legătorie.

BUCUREŞTI, str. Biserica Amzei 23
sector I, telefon 59 70 60

# MASHPRIBORINTORG

Întreprindere de comerț exterior

## EXPOZIȚIE MOBILĂ

## în domeniul „Salvării miniere"

### PROGRAMUL EXPOZIȚIEI

● **BUCUREȘTI** *Sala Palatului Republicii Socialiste România*, 11 iunie 1982: orele 13,00—16,00; 12 iunie 1982: orele 10,00—14,00 ● **CRAIOVA:** *Muzeul de Artă Craiova, Calea Unirii nr. 15*, 14 iunie 1982: orele 10,00—16,00 ● **PETROȘANI:** *Casa de Cultură a Sindicatelor, Str Republicii nr. 100*, 16 iunie 1982: orele 10,00—16,00 ● **CLUJ—NAPOCA** *Casa de Cultură a Studenților, Piața Păcii nr. 1—3*, 18 iunie 1982: orele 10,00—16,00; 19 iunie 1982: orele 10,00—14,00 ● **PLOIEȘTI:** *Casa de Cultură a Sindicatelor, Bd. Republicii nr. 65*, 21 iunie 1982: orele 10,00—16,00

**La expoziție se vor prezenta :**

**— aparatură de control și măsură a conținutului de metan în mine de cărbuni : metanometre, complexul „Metan", interferometre etc. ;**

**— aparate pentru protecția căilor respiratorii și aparate individuale de salvare ;**

**— aparate de control și reglare a aparaturii pentru protecția căilor respiratorii.**

**Aceste aparate, aparatură și dispozitive se folosesc cu succes în industriile minieră, chimică, metalurgică și în alte ramuri industriale.**

**Bine ați venit la expoziția MAȘPRIBORINTORG**

E 1145

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, iunie 1982

6

# ICPMSN Cluj-Napoca

INSTITUTUL DE CERCETARI SI PROIECTARI MINIERE PENTRU SUBSTANTE NEMETALIFERE

**execută studii, proiecte și documentații tehnico-economice pentru valorificarea substanțelor nemetalifere din întreaga țară, cuprinzînd:**

● metode de exploatare ● săparea și susținerea lucrărilor miniere ● perforări și împușcări în lucrări la zi și în subteran ● mecanizarea și automatizarea lucrărilor miniere și a fluxurilor de preparare ● aeraj minier ● profilaxie tehnico-medicală ● prepararea mecanică și chimică a substanțelor nemetalifere în fază laborator, pilot și semiindustrială ● epurarea chimică a apelor de mină și reziduale de la uzinele de preparare ● proprietăți fizico-mecanice ale rocilor și cercetări geotehnice ● măsurători topografice și urmărirea stabilității masivelor miniere ● analize mineralogice și petrografice ● analize chimice și fizice prin metode spectrale, polarografice fotometrice, röntgen difractometrice ● sinteza unor reactivi de preparare ● prototipuri de aparate și utilaje specifice exploatării și preparării substanțelor nemetalifere ● microproducție de noi sorturi de substanțe nemetalifere ● asistență tehnică privind modernizarea fluxurilor de exploatare (subterană și la zi) și de preparare

**MINISTERUL MINELOR**

I.C.P.M.S.N. CLUJ - NAPOCA, str. Tudor Vladimirescu 15 - 17

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XXXIII

Nr. 6 1982


## CUPRINS


*oculescu, M.* **Cercetări privind regimul de presiune în abatajele minelor de lignit din Oltenia** . . . . . 249

*oescu, T. şi Todeasa Viorica* **Echipamente modulare în comutaţie statică pentru automatizarea instalaţiilor de extracţie** . . . . . 255

*ar, E. şi Catilina, R.* **Tehnici izotopice în industria minieră. Trasori în cercetările hidrogeologice** . . . . . 259

*gyari, A.* **Criterii de alegere şi de utilizare a căptuşelilor la morile cu bile şi autogene** . . . . . 267

*Ilie, P., Oros, V. şi Peterfi, M.* **Unele aspecte legate de transpunerea la scară mai mare a parametrilor procesului de leşiere bacteriană** . . . . . 274

*Creţu, I. şi Danţov, C.* **Modelarea centrifugală a drenajului gravitaţional al petrolului** . . . . . 279

*Stănescu, V.* **Aspecte noi privind metanogeneza în Bazinul Transilvaniei** . . . . . 284

*Balteş, N.* **Studiul optic al substanţei organice din depozitele neogene ale promontoriului Bordei Verde cu privire specială asupra condiţiilor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi** (I) . . . 290



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ**, preşedinte ; dr. ing. **GHEORGHE ALDEA** ; ing. **ŞTEFAN BENEA** ; dr. geol. **IOSIF BERCIA**; ing. **TEODOR BORU**; dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU**; ing. **VIRGIL FĂTU**; dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ** ; dr. ing. **FLOREA NEAGU**; ing. **NICOLAE PANTILIE**; **ELENA VRĂNCEANU**, redactor.


## REZUMATE


C.Z. 622.332 : 622.273.15 : 622.284

Coculescu, M. *Cercetări privind regimul de presiune în abatajele minelor de lignit din Oltenia*

Se redau cercetările efectuate privind modul în care acţionează presiunea minieră asupra susţinerilor mecanizate din abatajele cu front lung de la minele de lignit din bazinul Oltenia şi se recomandă anumite tehnologii de tăiere şi susţinere care ar putea fi aplicate în viitor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.232 : 65.011.56 : 622.673.1

Coroescu, T. şi Todeasa Viorica *Echipamente modulare în comutaţie statică pentru automatizarea instalaţiilor de extracţie*

În ideea realizării de echipamente de automatizare în comutaţie statică folosind componente electronice produse în ţara noastră, sînt descrise realizările colectivului de la Institutul de Mine din Petroşani privind experimentarea unui întrerupător magnetic folosit în automatizarea instalaţiilor de extracţie cît şi a unui releu de control al rotaţiei utilizat în comanda opririi instalaţiei de extracţie.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 550.8 : 622.22 : 622.34/37 : 622.7 : 628.512 : 622.69

Gaşpar, E. şi Catilina, R. *Tehnici izotopice în industria minieră. Trasori în cercetările hidrogeologice*

În industria minieră, tehnicile izotopice cu trasori pot da rezultate în : cercetarea geologică ; deschiderea şi pregătirea în vederea exploatării ; exploatarea substanţelor minerale utile ; prelucrarea ; poluarea mediului înconjurător ; securitatea hălzilor şi batalelor etc., aspecte dezbătute de autori în prezentul articol.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.735 : 620.193

Magyari, A. *Criterii de alegere şi de utilizare a căptuşelilor la morile cu bile şi autogene*

Fenomenul de măcinare, consumul specific de energie şi de metal, siguranţa în funcţionare, precum şi coeficientul de utilizare în timp a morilor cu bile, cu bare, autogene şi cu galeţi sînt influenţaţi, în mare măsură, de căptuşeala interioară, alegerea formei, dimensiunilor şi materialului acesteia etc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.791

Ilie, P., Oros, V. şi Peterfi, M. *Unele aspecte legate de transpunere la scară mai mare a parametrilor procesului de leşiere bacteriană*

Autorii redau modul de analiză şi elaborare a unei metodologii de transpunere, de la scară pilot, la scară semiindustrială, a procesului de leşiere bacteriană, metodologie ce urmează a fi experimentată.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.276 : 66.067.5

Creţu, I. şi Danţov, C. *Modelarea centrifugală a drenajului gravitaţional al petrolului*

Se analizează unele aspecte ale modelării drenajului gravitaţional al petrolului prin centrifugarea carotelor saturate cu hidrocarburi lichide. Rezultatele experimentale obţinute în laborator au permis trasarea curbei presiune de dezlocuire-saturaţie, din care se pot estima efectele de capăt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782.13 : 553.981.4

Stănescu, V. *Aspecte noi privind metanogeneza în Bazinul Transilvaniei*

Evoluţia termo-temporală a bazinului Transilvaniei, ulterioară depunerii sării, sugerează că gazul metan este legat genetic de pelitele tortonianului tîrziu, metanul din formaţiunea cu gaze este din generaţia I, pelitele bugloviene şi sarmaţiene se află într-un stadiu incipient de elaborare a metanului epidiagenetic. Lipsa petrolului în miocenul superior se explică prin neîndeplinirea condiţiei termotemporale de alterare a materialului organic şi poate prin caracterul humic al kerogenului.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782 : 553,98

Balteş, N. *Studiul optic al substanţei organice din depozitele neogene ale promontoriului Bordei Verde cu privire specială asupra formării zăcămintelor del hidrocarburi*

Studiul optic al maturizării substanţei organice a permis autorului identificarea posibilelor roci-sursă din regiune care, în ordinea importanţei, sînt : pelitele miocene superioare (badenian şi sarmaţian şi, local, pliocene inferioare (meoţian). Unele calcare kimmeridgiene din substratul neogen se apropie de un potenţial petroligen moderat.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

# CONTENTS


C.Z. 622.332 : 662.273.15 : 622.284

Coculescu, M. *Research works on the pressure regime of longwalls in lignite mines of Oltenia*

Research results on the manner in which the mining pressure works on the mechanized support from the longwalls are shown. Several cutting and support technologies for the future activity are recommended.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.232 : 65.011.56 : 622.673.1

Coroescu, T. and Todeasa Viorica *Modular equipment in static communication for the automation of hoisting plant*

The authors present achievements of the Mining Institute Petroşani based on indigeneous electronic components regarding experimental works with a magnetic switch and a tachometer used to control the hoisting plant.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 550.8 : 622.22 : 622.34/37 : 622.7 : 628.512 : 622.69

Gaşpar, E. and Catilina, R. *Isotopic methods in the mining industry. Radioactive tracers in hydrogeological investigation*

The authors examine the applications of the radioactive tracers in the mining industry useful for geologic exploration, opening-up and development works, exploitation of useful minerals, benefication, environmental pollution control, waste dump stability etc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.735 : 620.193

Magyari, A. *Criteria in selecting and use the ball and autogeneous mill lining*

The grinding phenomenon, the specific energy and metall consumption, the fiability as well the running time of the ball, bar, autogeneous and peble mills as function of the inner lining properties (shape, size, material) are analysed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.791

Ilie, P., Oros, V. and Peterfi, M. *Some aspects concerning the transposition at a larger scale of the beneficiation parameters*

The authors present the analysis and the elaboration of a transposition methodology for a bacterial leaching process from a pilot scale to a semiindustrial one.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.276 : 66.067.5

Creţu, I. and Danţov, C. *Centrifugal modelling of oil gravity draining*

Saturated liquid hydrocarbon cores used in modelling gravity draining of oil by a centrifugal method enabled the plotting of a dislocation pressure — saturation curbe which served in estimating the end effect.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782.13 : 553.981.4

Stănescu, V. *New aspects regarding the methane genesis of Transilvania Basin*

The thermo-temporal evolution into the Transilvania Basin, after the salt sedimentation, suggests that the methane in genetic point of vue is linked at the Late Tortonian pelites. The methane from the gas formation proceeds from the 1st generation and the Buglavian and Sarmatian pelites are in an incipient phase in forming epidiagenetic methane. The absence of oil in Upper Miocen may be the unaccomplishment of the thermo-temporal decay condition of the organic matter as wellas the humic nature of the kerosine.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782 : 553.98

Balteş, N. *Organic matter optical study of the Promont Bordei Verde Neogene strata (Eastern Moesian Platfor with a special view on the oil fields formation (Part I So Rocks)*

The study of the organic matter maturation by op analysis allowed the identification of the potential oil so rocks in this area. In order of importance they are loc in the Upper Miocene (Badenian and Sarmatian) and, isol in the Lower Pliocene (Meotian) clays. Some Kimmeri limestones of the Neogene substratum are closed to a oil potential.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6


# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.332 : 622.273.15 : 622.284

Кокулеску, М. *Исследование режима горного давления в очистных забоях лигнитных шахт Олтении*

Представлены исследования, проведенные по вопросам проявления горного давления и его действия на механизированные крепи в длинных очистных забоях лигнитных шахт Олтении и рекомендуются некоторые технологии выемки и крепления.

Ключевые слова: горное давление, длинные очистные забои, механизированная крепь.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.232 : 65.011.56 : 622.673.1

Короеску, Т. и Тодяса Виорика. *Модульная аппаратура в статическом сообщении для автоматизации работы шахтных подъемных установок*

В целях освоения производства аппаратуры автоматизации в статическом сообщении, на основе выпускаемых в Румынии электронных элементов, описаны достижения коллектива Горного института ВУЗ из г. Петрошань в результате испытания магнитного переключателя, применяемого на подъемных установках, а также реле контроля вращения, применяемого в управлении остановкой подъемной установки.

Ключевые слова модульное оборудование, автоматизация, подъемные установки

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 550.8 : 622.22 : 622.34/37 : 622.7 : 628.512 : 622.69

Гашпар, Е. и Катилина, Р. *Изотопная техника в горной промышленности. Разметчики в гидрогеологических исследованиях*

В горной промышленности, изотопная техника с применением разметчиков может привести к положительным результатам при проведении работ по геологическому изучению, вскрытию и подготовке к эксплуатации, разработке месторождений полезных ископаемых, обогащению, охране окружающей

среды, устойчивости отвалов и др., аспекты которых освещены в данной статье.

Ключевые слова: изотопная техника, разметчики, геологические и горные работы

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 622.735 : 620.193

Мадьяри, А. *Критерии выбора и применения футеровки шаровых и самоизмельчающих мельниц*

Процесс измельчения, удельный расход энергии и металла, надежность в работе, а также коэффициент рабочего времени шаровых, стержневых и самоизмельчающих мельниц много зависят от внутренней футеровки и от выбора ее размеров и материала.

Ключевые слова: футеровка, мельницы, расход энергии и металла

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 622.791

Илие, П., Орос, В. и Петерфи, М. *Некоторые аспекты, связанные с переводом параметров при применении в более широком масштабе*

Авторы описывают метод анализа и разработки методики перевода параметров с пилотного масштаба (на установках небольшой мощности) к полупромышленному масштабу процесса бактериального выщелачивания, которая подлежит к опытным исследованиям.

Ключевые слова: методика, перевод параметров, пилот, полупромышленный масштаб, бактериальное выщелачивание

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 622.276 : 62.067.5

Крецу, И. и Данцов, К. *Центробежное моделирование гравитационного дренажа нефти*

Рассматриваются некоторые аспекты моделирования гравитационного дренажа нефти при центробежности кернов, насыщенных жидкообразными углеводородами. Полученные в лабораторных условиях опытные результаты позволили построить кривую давления вытеснения-насыщения, на основе которой могут быть оценены соответствующие эффекты.

Ключевые слова: центробежное моделирование, гравитационный дренаж, нефть

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 551.782.13 : 553.981.4

Стэнеску, В. *Новые аспекты о метаногенезисе бассейна Трансильвания*

Развитие во времени и теплового режима бассейна Трансильвания после образования соли предполагает, что метан генетически связан с пелитами древнего тортоньяна, метан гозовых формаций, принадлежав I-ому поколению, а пелиты бульковинского и сарматского возраста находятся в начальной стадии разработки эпидиагенетического метана. Отсутствае нефти в верхнем миоцене объясняется неудовлетворением теплового условия выветривания органического вещества и может быть гуммусовым характером керогена.

Ключевые слова: метаногенезис, бассейн Трансильвания, тепловой режим, нефть

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6 1982

---

C.Z. 551.782 : 553.98

Балтеш, Н. *Оптическое изучение органического вещества неогенных отложений Бордей Верде с особым рассмотрением образований месторождений углеводородов*

Оптическое изучение зрелости органического вещества позволило автору выявление возможных пород-источников, которые по значению следующие: пелиты верхнего миоцена (баденьяна, сармата и местами нижнего плиоцена). Некоторые кимериджианские известняки неогена показывают предварительно умеренные запасы нефти.

Ключевые слова: оптическое изучение, органическое вещество, неогенные отложения, нефть

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

# SOMMAIRE

C.Z. 622.332 : 622.273.15 : 622.284

Coculescu, M. *Recherches sur le régime de pression des abatages à longue taille dans les mines de lignite ae Oltenia*

Sont presentés les résultats des recherches sur l'action de la pression minière sur les soutènements mécanisés des abatages a longue taille des mines de lignite du bassin Oltenia et on recommande quelques technologies d'abatage et de soutènement améliorées pour une future activité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 622.232 : 65.011.56 : 622.673.1

Coroescu, T. et Todeasa Viorica *Equipements modulaires en communication statique pour l'automation des installations d'extraction minière*

Sont présentés les achèvements de l'Institut des Mines de Petroşani concernant des équipements d'automation aux éléments éléctroniques indigènes. Sont décrit un comutateur magnétique et un relais de contrôle tachomètre utilisés pour le contrôle des machines d'extraction.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 550.8 : 622.22 : 622.34/37 : 622.7 : 628 512 : 622.69

Gaşpar, E. et Catilina, R. *Techniques isotopiques pour l'industrie minière. Traceurs radioactifs pour investigations hydrogéologiques*

Dans l'industrie minière les techniques aux isotopes traceurs servent pour l'éxploration géologique, pour les travaux miniers de développement, l'exploitation des substances minérales utiles, préparation, lutte contre la pollution, la stabilité des haldes, problèmes qui sont examinés par les auteurs.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 622.735 : 620.193

Magyari, A. *Critères de sélection et utilisation des revêtements des broyeurs aux balles et autogéneux*

On analyse le phenomène de broyage, la consommation spécifique d'energie et de métal, la fiabilité, ainsi que le coeficient d'utilisation des broyeurs aux balles, bares, autogéneux et aux galets qui sont influencés par le revêtement intérieur en ce qui concerne la forme, les dimensions et la nature du matérial.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

---

C.Z. 622.791

Ilie, P., Oros, V. et Peterfi, M. *Quelques aspects sur la transposition des paramètres de préparation à une echelle supérieure*

Les auteurs présentent l'analyse et la méthodologie élaborée pour la transposition du traitement par lixefaction bactérienne de l'echelle pilot à celle semiindustrielle, méthodologie qui est en train d'être expérimentée.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.276 : 62.067.5

Creţu, I. et Danţov, C. *Modélage centrifugal du drainage gravitationnel du pétrole*

Sont analysés quelques aspects sur le modélage du drainage gravitationnel du pétrole par la centrifugation des carottes saturées avec des hydrocarbures liquides. Les résultats obtenus en laboratoire ont permis de tracer la courbe pression de dislocation-saturation de laquelle on peut estimer les effets d'extrémité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782.13.553.981.4

Stănescu, V. *Nouveaux aspects sur la génèse du méthane dans le bassin de Transilvania*

L'évolution thermo-temporelle du bassin de Transilvania, après la sédimentation du sel, suggère que le gaz méthane est lié génétiquement aux pélites du tortonien tardif. Le méthane de la formation avec gaz représente la première génération et les pélites bugloviennes et sarmatiennes sont dans une phase incipiente d'élaboration du méthane épidiagénétique. On peut expliquer la manque du pétrole dans le miocène supérieur par l'iréalisation de la condition thermo-temporelle d'altération de la matière organique et peut être par le caractère humique du kérogène.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782 : 553.98

Balteş, N. *Étude optique de la matière organique des dépôts néogénes du promontoire Bordei Verde (Plate-forme moesique de l'est) concernant la formation de gisements d'hydrocarbures (Partie I. Roches mères)*

Les études optiques sur la maturation de la matière organique ont permis d'identifier les roches mères de cètte région. Dans l'ordre d'importance elles sont les argiles du Miocène supérieur (Badénien et Sarmatien) et, localement, le Pliocène inférieur (Méotien). Quelques calcaires kimméridgiens du substrat néogène sont très proches d'un faible potentiel pétroligène.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

# INHALT


C.Z. 622.332 : 622.273.15 : 622.284

Coculescu, M. *Untersuchungen über den Abbaudrucksverlauf in der Lignitgruben von Oltenia*

Der Einfluss des lithostatischen Druckes über die mechanisierte Ausbauen aus Streben von der Lignitgruben in Oltenia ist analysiert. Einige Abbau- und Ausbautechnologien für zukunftige Anwendungen sind vorgeschlagen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.232 : 65.011.56 : 622.673.1

Coroescu, T. und Todeasa Viorica *Modulationsfähige Ausrüstungen in statische Verbindungen für die Automatisierung der Schachtförderungsanlagen*

Die Leistungen der Arbeitsgemeinschaft des Bergbau Instituts Petroşani hinsichtlich einige Automatisierungsvorrichtungen mit inlandische elektronische Komponenten sind dargestellt. Die Versuchergebnissen eines magnetische Schalters und eines Relais für Umdrehungsüberwachung des Schachtförderanlage und ihre Haltesteuerung sind gegeben.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 550.8 : 622.22 : 622.34/37 : 622.7 : 628.512 : 622.69

Gaşpar, E. und Catilina, R. *Isotope-Technik in Bergbauindustrie. Radioaktive Indikatoren in hydrogeologische Untersuchungen*

Im Artikel die Verfassern handeln über die Anwendungen der Isotope-Technik mit radioaktive Indikatoren : Schürfung, Vorrichtung, Abbau der nutzbaren Mineralizen, Aufbereitung, Verunreinigungserwachung und Kippesicherheit.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.735 : 620.193

Magyari, A. *Die Auswahl- und Verwendungskriterien der Mühlenfutter*

Der Einfluss über das Mahlungsphänomen, die spezifische Energie- und den Metallverbrauch, die Ausbeutungssicherheit wie also der Zeitbenutzungskoeffizient der Kugel-, Stange-, Autogene- und Flintsteinmühle bei der Wahlung der Form, Dimensionen und des Stoffes der Futter ist dargestellt.

Mine, Petrol şi Gaze vol. 33 nr. 6, 1982

C.Z. 622.791

Ilie, P., Oros, V. und Peterfi, M. *Einige Aspekten über die Umsetzung im grosser Maßstab der Aufbereitungsparametern*

Die Verfassern geben die Analyse- und die Ausarbeitungsweise einer Umsetzungsmethodologie von Labor- nach Halbindustriellemaßstab des Bakterienauslagungsprozesses wieder welche im Zukunft soll geprüft sein.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 622.276 : 66.067.5

Creţu, I. und Dantov, C. *Die Zentrifugalmodelierung der Gravitationsentwässerung des Erdöls*

Einige Aspekten über die Modelierung der Gravitationsentwässerung des Erdöls mittels dem Schleudern der mit flüssige Kohlenwasserstoffen gesättigte Kerne sind analysiert. Die Labor-Ergebnissen die Kurve Lagerungsstörungsdruck-Sättigung konnten zu schreiben lassen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782.13 : 553.981.4

Stănescu, V. *Neue Aspekten über das Erdgas-Genesis in Transilvania Becken*

Die thermo-temporale Entwicklung des Transilvania Beckens, nach der Salz-Ablagerung, schlagt vor dass das Erdgas genetisch von der Peliten der Spät-Torton gebunden ist, das Erdgas aus der Gas-Formation von der 1. Generation ist und die Buglovian und Sarmat Peliten in eine Anfangsstadium von epidiagenetische Erdgas-Entwicklung befinden sich. Der Mangel des Erdöls in Obermiozän man führt auf die Nichterfüllung der thermo-temporale Verwitterungsbedingung des organischen Stoffs und möglich auf die humische Natur des Kerosins zurück.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

C.Z. 551.782 : 553.98

Balteş, N. *Optische Studium des organischen Stoffes der Neogen Lagerstätten des Bordei Verde Vorgebierges mit spezielle Hinblick über die Bildung der Kohlenwasserstoff-Lagerstätten (Teil I, Quellegesteine)*

Das optische Studium des Reifegrads des organischen Stoffes erlaubt den Verfasser die mögliche Quellegesteine des Regions zu identifizieren. Die Reihenfolge hinsichtlich ihren Bedeutung ist : die Obermiozän Peliten (Badenian und Sarmat, örtlich Unterpliozän-Meozián). Einige Unterschichten nähern sich von einer mässigen erdölhaltigen Potential.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 6, 1982

# Cercetări privind regimul de presiune în abatajele minelor de lignit din Oltenia

Dr. ing. M. Coculescu
Combinatul minier Rovinari

Pentru asigurarea ritmului de creştere a producţiei de lignit la minele din Oltenia, precum şi pentru asigurarea condiţiilor de protecţie a muncii în subteran, s-a simţit nevoia efectuării unor cercetări care să clarifice o serie de probleme legate de regimul de presiune din abataje şi de condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească tehnologiile de susţinere.

Principalele manifestări de presiune ce se constată în abatajele cu susţinere mecanizată de la minele din Oltenia sînt: desprinderile de bulgări din fronturile de abataj, surpările de tavan, erupţiile de borchişuri, cedarea stîlpilor de susţinere, deformări sau ruperi ale elementelor secţiilor de susţinere şi reducerea secţiunilor galeriilor colectoare şi de refugiu.

Regimul de presiune din abataje, respectiv manifestările de presiune, sînt determinate de o mare diversitate de factori naturali (climă, relief, condiţii geologice şi hidrogeologice etc.) şi tehnologici (dimensiunile abatajului, tipul susţinerii, viteza de avans, calitatea brigăzii de lucru etc.).

Diversitatea proceselor care au loc în masivul de roci în timpul exploatării lignitului în abataje, ca urmare a factorilor naturali şi tehnologici existenţi la minele din Oltenia, au dus la moduri diferite de manifestare a presiunii miniere, de la o întreprindere la alta, de la o mină la alta, şi chiar de la un abataj la altul, din cadrul aceleiaşi mine.

Întrucît la minele din Oltenia, printre factorii cu ponderea cea mai mare în formarea presiunilor miniere s-a considerat a fi grosimea de copertă, s-a cercetat influenţa pe care o are acest parametru asupra regimului de presiune din abataje.

În bazinele Motru, Jilţ şi Rovinari, grosimile de copertă la stratul principal de lignit X ajung, în perimetrele miniere Horăşti şi Drăgoteşti la 140 m, uneori chiar la 160 m, (zona nord-vestică din perimetrul Drăgoteşti). Creşterea spre sud-est a grosimii pachetului de roci acoperitoare la stratele de lignit se explică prin înclinarea acestora cu 5 —10° în această direcţie.

Grosimea copertei este funcţie şi de forma reliefului, prezentînd valori maxime în zonele cele mai înalte, şi minime în văi.

Din analiza grosimilor de copertă la stratele în exploatare de la minele din Oltenia a rezultat că 45,8% din suprafaţa cîmpurilor de abataj în exploatare au grosime de copertă mai mică de 60 m şi 25,2% grosime mai mare de 80 m.

Cele mai mari suprafeţe cu grosimi de copertă peste 80 m sînt deţinute, în ordine, de I.M. Motru, I.M. Urdari şi I.M. Jilţ, iar pe mine, de Leurda, Ploştina, Albeni şi Horăşti.

Pentru stabilirea influenţei pe care o are grosimea de copertă asupra regimului de presiune din abataje, s-au făcut observaţii la toate abatajele din minele de lignit din Oltenia şi măsurători de presiune cu ajutorul manometrelor înregistratoare la 35 abataje reprezentative cu diverse grosimi de copertă din aproape toate minele.

La fiecare abataj luat în studiu s-au montat manometre înregistratoare în apropiere de: galeria colectoare, galeria de refugiu şi la mijlocul abatajului, pe cel puţin două secţii alăturate.

Pe diagramele manometrelor astfel montate s-a înregistrat, în timp, presiunea lichidului în camerele presurizate ale stîlpilor hidraulici de susţinere, presiune care este direct proporţională cu presiunea rocilor care solicită secţiile de susţinere.

Pentru fiecare abataj în parte, pe baza diagramelor realizate de manometre, s-au putut urmări:

— sarcina de pretensionare;
— presiunea dinamică datorită suprafeţei nou create în zona de tăiere cu combina;
— sarcina de reglare a supapei de siguranţă;
— presiunea maximă realizată în timpul experimentărilor;
— viteza de creştere a presiunii miniere pe secţie;
— timpul de lucru al secţiei la sarcina de reglare;
— durata ciclului de lucru în abataj;
— timpul de lucru al secţiei pînă la atingerea sarcinii de reglare;
— calitatea stîlpilor hidraulici de susţinere ai secţiilor;
— gradul de solicitare al secţiilor;
— mişcarea rocilor din tavanul abatajului.

Observaţiile şi măsurătorile de presiune s-au făcut pe secţiile de susţinere ale complexelor mecanizate CMA —1, OKP, CMA —2 şi 2 MKE.

Pentru stabilirea influenţei pe care o are grosimea de copertă asupra presiunii miniere, s-au luat în considerare complexele mecanizate CMA —2 (cele mai răspîndite în minele din Oltenia) şi cu funcţionarea stîlpilor de susţinere în regim de presiune crescătoare.

Variaţia presiunilor medii în stîlpii hidraulici ai secţiilor de susţinere CMA —2 în funcţie

de grosimea de copertă în apropiere de galeria colectoare, galeria de refugiu și mijlocul abatajului este redată în figura 1.

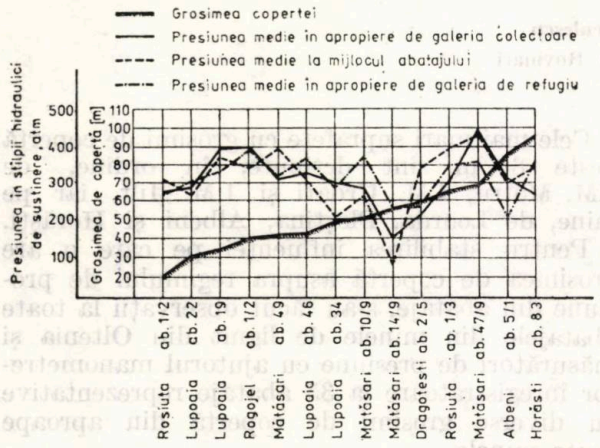



Fig. 1. Variația presiunii medii în stîlpii hidraulici ai secțiilor CMA—2 în funcție de grosimea copertei.

Din aceste diagrame, precum și din diagrama presiunilor maxime pe abataj (fig. 2), rezultă că solicitarea susținerilor mecanizate nu depinde, în mod evident, de grosimea de copertă.

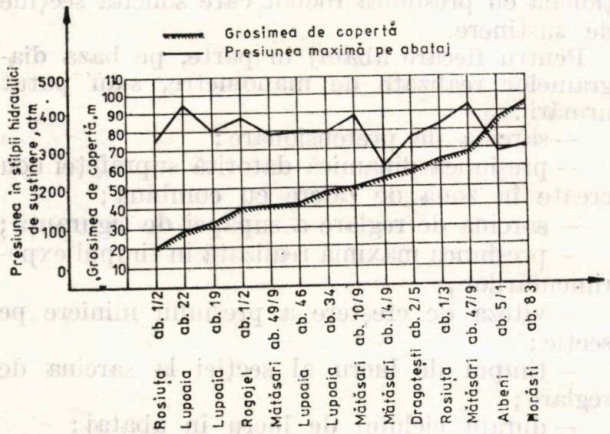



Fig. 2. Variația presiunilor maxime în stîlpii hidraulici ai secțiilor CMA—2, pe abataje, în funcție de grosimea copertei

Presiunile medii pe toată perioada experimentărilor și gradul de solicitare mediu al susținerilor mecanizate tip CMA—2 și OKP sînt prezentate în figura 3.

În funcție de tipul de susținere, gradul de solicitare mediu al stîlpilor hidraulici pe abataje a variat, la susținerea CMA—2, între 21,1 și 52%, media fiind 32,53%, iar la susținerea OKP, între 30,9 și 69,1%, media fiind de 48,55%.

Reprezentarea grafică a presiunilor medii pe abataje și tipuri de susținere a dus la concluzia că, în general, influența copertei asupra solicitării susținerilor nu se remarcă în mod deosebit în raport cu influența celorlalți factori. Același lucru se observă dacă se iau în considerare stîlpii cu presiunile medii cele mai mari din fiecare abataj.

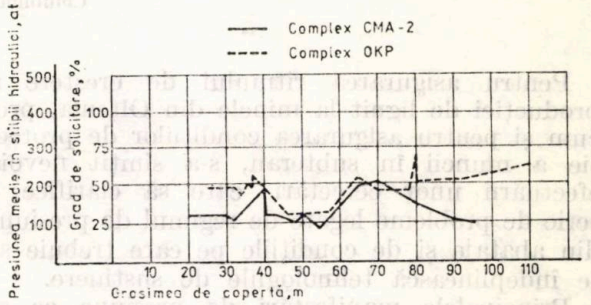



Fig. 3. Variația presiunii medii pe abataje în stîlpii hidraulici în funcție de grosimea copertei.

Ușoara creștere a gradului de solicitare a stîlpilor de susținere la grosimi de copertă mai mari de 60 m se datorește ciclurilor tehnologice din abataje mai lungi, ca urmare a scăderii vitezelor de avans, datorită desprinderilor de bulgări din fronturile de lucru, mai accentuate în aceste zone.

Întrucît s-a constatat că grosimea de copertă influențează viteza de avans lunară a abatajelor prin modificarea intensității manifestărilor de presiune din abataje, îndeosebi a desprinderilor de bulgări din fronturile de lucru, s-a analizat acest indicator la mai multe abataje situate în zone cu coperte variabile aparținînd I.M. Motru, I.M. Jilț și I.M. Urdari.

În figura 4 este prezentată variația vitezelor de avans în funcție de grosimea de copertă la cîteva abataje de la mina Mătăsari.

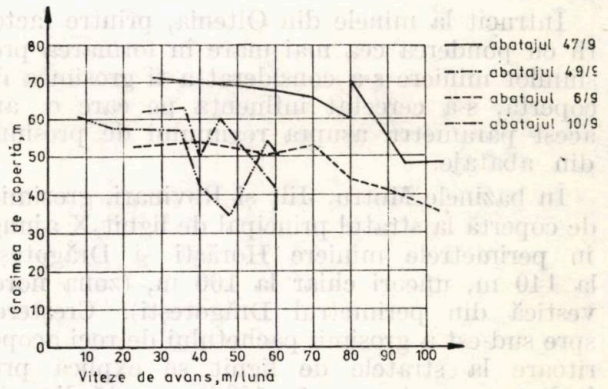



Fig. 4. Variația vitezei de avans în funcție de copertă la abatajele minei Mătăsari.

Din analiza vitezelor de avans și de la alte abataje de la celelalte mine a rezultat că, în general, acestea scad odată cu creșterea grosimii de copertă. Cele mai mici valori ale vitezelor de avans (sub 30 m/lună) au fost realizate,

în majoritatea cazurilor, la grosimi de copertă mai mari de 60 m.

Din cercetările efectuate a rezultat că scăderea vitezelor de avans începînd, de obicei, de la grosimi de copertă situate în jur de 60 m se datorește, în general, desprinderilor de bulgări din fronturile de lucru, ca urmare a creșterii presiunii de reazem și nu presiunilor care solicită susținerea din abataje.

Pentru stabilirea presiunilor miniere în abataje s-au utilizat valorile presiunilor hidraulice măsurate în stîlpii de susținere și calculele folosite la dimensionarea susținerilor mecanizate prezentate în proiecte și lucrări de specialitate.

Pentru calculul presiunilor miniere în abatajele din minele de lignit din Oltenia s-au luat în considerare măsurătorile efectuate la secțiile de susținere CMA—2 și 2 MKE.

Susținerile OKP și CMA—1 cu stîlpii hidraulici funcționînd, în general, în regim de presiune constantă nu au putut fi utilizate pentru determinarea presiunilor miniere.

În calcule s-au luat în considerare presiunile hidraulice maxime măsurate în stîlpii de susținere din abataje, avînd în vedere că pe baza presiunilor miniere determinate se dimensionează susținerile mecanizate.

Variația presiunii miniere stabilite pentru același tip de susținere mecanizată (CMA—2), în funcție de grosimea de copertă, este prezentată în figura 5.

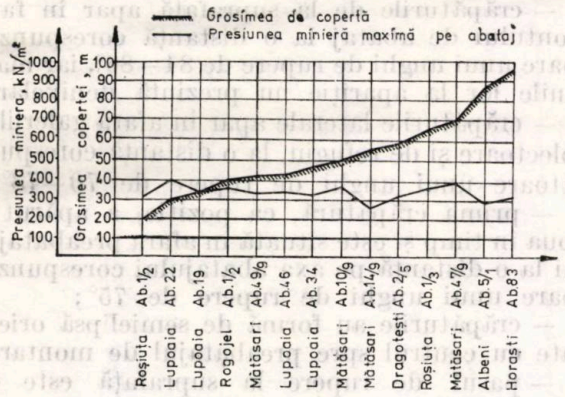



Fig. 5. Variația presiunii miniere în funcție de grosimea copertei în abatajele echipate cu complexe CMA—2.

Din analiza rezultatelor a reieșit că presiunile miniere din abataje nu depind, în mod evident, de grosimea de copertă, pentru susținerile miniere tip CMA—2, ele variind între 258 și 405 kN/m².

Întrucît constatările făcute au avut la bază rezultatele analizei globale a abatajelor echipate cu susținere CMA—2 din mai multe mine cu structură și proprietăți fizico-mecanice ale rocilor diferite, s-a considerat necesar să se facă, separat, și o analiză numai a abatajelor de la aceeași mină. În diagramele din figura 6 este prezentată variația presiunii miniere în funcție de grosimea de copertă în abatajele din minele Mătăsari și Lupoaia.

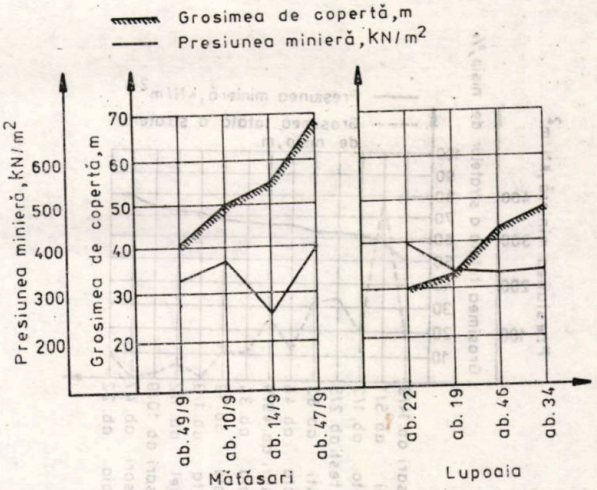



Fig. 6. Variația presiunii miniere în abatajele minelor Mătăsari și Lupoaia.

Se constată că, deși abatajele sînt amplasate la aceleași mine și în același strat de lignit, presiunea minieră nu crește odată cu creșterea grosimii de copertă.

Același lucru a indicat și măsurătorile periodice de presiune efectuate în abataje cu grosime variabilă de copertă de la minele Mătăsari și Albeni.

Cercetările efectuate au scos în evidență dependența presiunilor miniere de tipul de susținere, respectiv de înălțimea acestora.

Astfel, presiunile miniere cele mai mici s-au determinat la complexele mecanizate cu înălțime de 2,2 m (257 kN/m²), iar cele mai mari la cele cu înălțime de 4 m (431,3 kN/m²).

Analizînd rezultatele obținute prin măsurători s-a constatat că presiunea minieră exercitată asupra susținerilor și presiunea de reazem depind de greutatea volumetrică a rocilor ce alcătuiesc coperta stratului de lignit. Astfel, la abatajele care au în acoperiș cantități mai mari de nisip ($\gamma = 1{,}41 \times 10^4$ N/m³) presiunile miniere, respectiv manifestările de presiune, sînt mai reduse decît la celelalte abataje (fig. 7).

Dacă se face un clasament al abatajelor de la minele din Oltenia, funcție de intensitatea ruperilor de front, se constată următoarele:

- desprinderile de bulgări de lignit din fronturile de lucru încep să apară la grosimi de copertă de circa 40 m, pentru înălțimi de abataj care depășesc 3 m;
- la înălțimi ale abatajelor cuprinse între 2,6 și 2,8 m, realizate în cazul susținerilor meca-

nizate OKP, CMA—1 și CMA—2, desprinderile de bulgări din fronturile de lucru încep la grosimi de copertă cuprinse în jur de 60 m;

● abatajele cu înălțime mare, se situează printre abatajele cu cele mai mari ruperi de front;

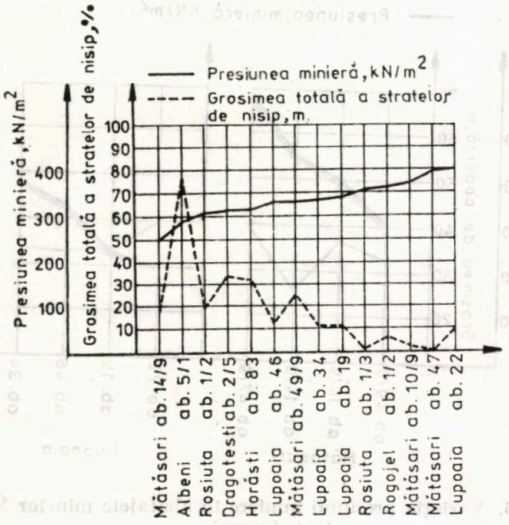



Fig. 7. Variația presiunii miniere în funcție de grosimea stratelor de nisip ce alcătuiesc coperta.

● intensitatea ruperilor de front depinde de numărul, poziția, grosimea și rezistența mecanică a intercalațiilor sterile din frontul de lucru.

Influența grosimii intercalațiilor sterile din frontul de lucru asupra intensității de desprindere a bulgărilor de lignit se observă în figura 8.

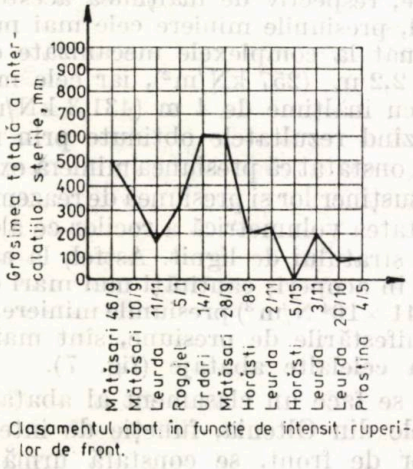



Fig. 8. Influența grosimii totale a intercalațiilor sterile din fronturile de lucru asupra intensităților de rupere a frontului.

Din analiza manifestărilor de presiune în abataje s-a constatat că influența pe care o are poziția intercalațiilor sterile în frontul de lucru asupra ruperilor de front depinde de înălțimea abatajului. Pentru susținerile mecanizate de înălțime medie (OKP, CMA—1, CMA—2) cele mai frecvente ruperi de front se produc atunci cînd intercalațiile sterile se găsesc în jumătatea superioară a frontului de lucru. La utilizarea susținerilor mecanizate de înălțime mare, influența intercalațiilor sterile se face simțită și în partea inferioară a frontului de lucru.

În cazul cînd intercalațiile sterile se găsesc la limita dintre frontul de lucru și bancul de cărbune din tavanul abatajului, ele au un rol de protecție pentru frontul de lucru, desprinderile de bulgări de lignit fiind mai rare.

În ceea ce privește comportarea în exploatare a susținerilor mecanizate, s-a constatat că deformările și ruperile elementelor secțiilor de susținere nu se produc în funcție de grosimea de copertă, ci în funcție de uzura secțiilor și de modul cum acestea sînt utilizate.

Pentru urmărirea influenței pe care o are exploatarea lignitului în subteran asupra suprafeței s-au efectuat măsurători topografice în zona unui abataj de la mina Albeni cu coperta cuprinsă între 53 și 110 m, echipat cu susținere 2 MKE.

Principalele observații obținute în timpul exploatării lignitului în subteran sînt:

— prima surpare după demararea abatajului a apărut la 15 m de la preabatajul de montare;

— prima crăpătură a apărut la suprafață după 55 m de avansare a abatajului;

— crăpăturile de la suprafață apar în fața frontului de abataj la o distanță corespunzătoare unui unghi de rupere de 84—86°, iar marginile lor la apariție nu prezintă denivelări;

— crăpăturile laterale apar în afara galeriilor colectoare și de refugiu, la o distanță corespunzătoare unui unghi de rupere de 70—73°;

— prima crăpătură, ca poziție, a apărut a doua în timp și este situată în afara preabatajului la o distanță pe axa abatajului corespunzătoare unui unghi de rupere de 75°;

— crăpăturile au formă de semielipsă orientate cu centrul spre preabatajul de montare;

— pasul de rupere la suprafață este de 4—6 m, mai frecvent 6 m;

— deschiderea crăpăturilor variază între 0,1—0,5 m, iar denivelarea între cele două margini ale acestora între 0,05 și 0,3 m;

— la suprafață crăpăturile sînt, în general, verticale și se închid în adîncime după 2—3 m;

— deplasările laterale au atins 1,50 m și sînt orientate în sensul de descreștere a grosimii copertei.

Pentru explicarea mecanismului de formare a presiunilor miniere, în abatajele cu front lung din minele de lignit din Oltenia s-au analizat valorile presiunilor obținute în raport cu grosimea de copertă, caracteristicile rocilor

din acoperișul stratelor de cărbune exploatate, tipul susținerii și modul de comportare a rocilor din acoperiș la deplasarea secțiilor de susținere. Calculul presiunii miniere, bazat pe ipotezele prezentate în literatura de specialitate, a condus la rezultate mult diferite de cele obținute prin măsurători.

Pentru a stabili o relație corespunzătoare de calcul a presiunii miniere s-a analizat, pentru fiecare abataj în parte, grosimea stratelor de rocă din acoperiș, care ar putea realiza presiunea minieră maximă măsurată.

Studiind grosimile stabilite s-a constatat că acestea au valori apropiate de valoarea înălțimilor de surpare, calculate pe baza coeficientului de afînare pentru rocile sedimentare cu rezistență slabă. Valorile coeficienților de afînare medii $K$ pentru fiecare abataj în parte s-au determinat cu ajutorul grosimii coloanelor de rocă care au solicitat susținerea $h$ și înălțimilor de abataj $M$ cu relația:

$$K = \frac{M}{h} + 1$$

Valorile coeficienților de afînare determinate au variat, de la un abataj la altul, între 1,13 și 1,17, media lor fiind de 1,145.

Înlocuind coeficientul de afînare mediu în relația:

$$h = \frac{M}{K - 1}, \text{ m}$$

se obține expresia grosimii pachetului de roci care solicită susținerea mecanizată:

$$h = 6{,}9\ M, \text{ m}$$

În această situație, pentru condițiile minelor de lignit din Oltenia, presiunile miniere care solicită susținerile din abataje pot fi determinate pe baza caracteristicilor rocilor din acoperișul stratelor de lignit și înălțimii coloanelor de roci deranjate de exploatare ($h = \Sigma h_i = 6{,}9\ M$):

$$P = \Sigma h_i \cdot \gamma_i, \text{ kN/m}^2$$

în care:

$h_i$ este grosimea fiecărui strat de rocă din tavanul abatajului, m;

$\gamma_i$ — greutatea volumetrică a rocilor din stratele de rocă din tavanul abatajului, kN/m³.

Comparînd valorile presiunilor miniere obținute prin măsurători și prin calcul (fig. 9) se constată că acestea sînt apropiate între ele. Diferențele care apar între aceste valori se datoresc, în principal, diferențelor dintre greutățile volumetrice luate în calcul din literatura de specialitate și cele reale, neconcordanței între stratigrafia identificată prin forajele cele mai apropiate de abataje și stratigrafia reală din zona abatajelor, influențelor reciproce între rocile surpate și cele nesurpate, precum și erorilor privind aprecierea înălțimii de lucru a abatajelor.

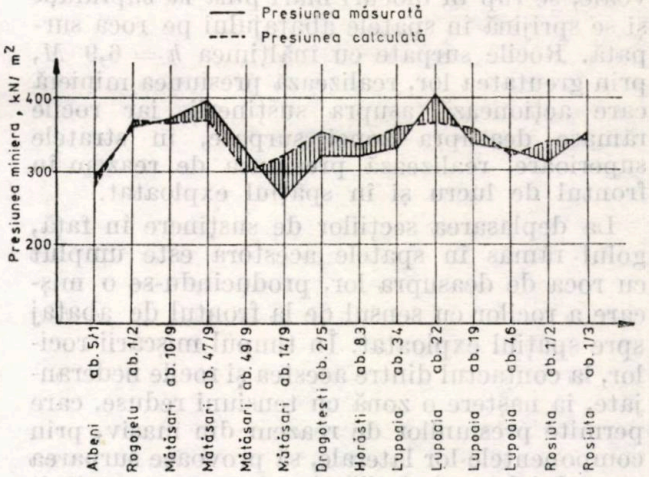



Fig. 9. Compararea presiunilor miniere măsurate și calculate.

Pe baza rezultatelor obținute prin experimentări și a observațiilor făcute în bazin de diferiți cercetători se consideră că presiunea minieră în abatajele minelor de lignit din Oltenia care exploatează strate de lignit cu înclinare mică (pînă la 8—10°) se poate calcula pe baza urtoarei ipoteze (fig. 10).

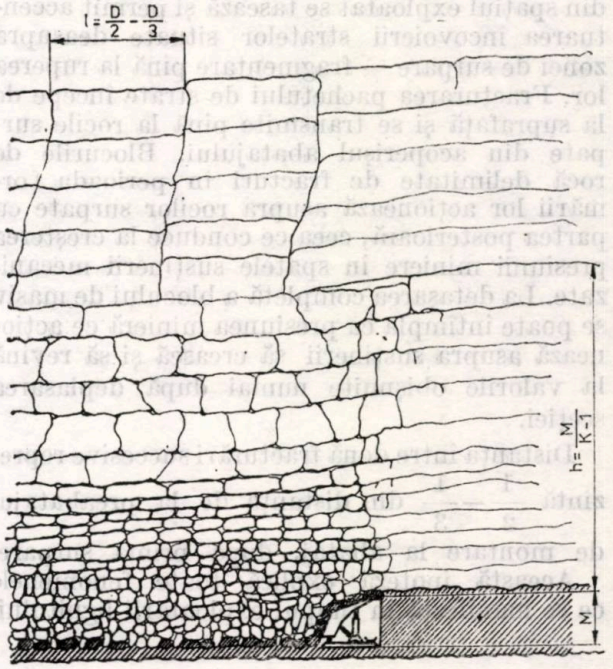



Fig. 10. Schema procesului de formare a presiunilor în abataje.

Stratele de lignit au în acoperiș și culcuș roci sedimentare (nisipuri, argile, marne) cu rezistențe mecanice reduse, ceea ce le face să fie ușor surpabile. În cursul exploatării rocile din acoperiș se surpă pînă la o înălțime care permite umplerea golului exploatat. Stratele de roci situate deasupra acestei zone se încovoaie, se rup în blocuri mari pînă la suprafață și se sprijină în spatele abatajului pe roca surpată. Rocile surpate cu înălțimea $h = 6{,}9\ M$, prin greutatea lor, realizează presiunea minieră care acționează asupra susținerii, iar rocile rămase deasupra zonei surpate, în stratele superioare, realizează presiunea de reazem în frontul de lucru și în spațiul exploatat.

La deplasarea secțiilor de susținere în față, golul rămas în spatele acestora este umplut cu roca de deasupra lor, producîndu-se o mișcare a rocilor cu sensul de la frontul de abataj spre spațiul exploatat. În timpul mișcării rocilor, la contactul dintre acestea și rocile nederanjate, ia naștere o zonă cu tensiuni reduse, care permite presiunilor de reazem din masiv, prin componentele lor laterale, să provoace surparea peretelui de rocă sterilă. Acest perete, constituit din roci cu rezistențe mecanice reduse, este fisurat de presiunea de reazem capabilă să fisureze și lignitul din frontul de lucru cu rezistențe mecanice mult mai mari. În acest proces, rocile din imediata apropiere a susținerii se sfarmă mai intens datorită mișcărilor și concentrărilor de tensiuni la contactul dintre bulgări, iar rocile din părțile superioare sînt numai fisurate și deranjate, participînd însă la formarea presiunii miniere.

Pe măsura avansării abatajului, rocile surpate din spațiul exploatat se tasează și permit accentuarea încovoierii stratelor situate deasupra zonei de surpare — fragmentare pînă la ruperea lor. Fracturarea pachetului de strate începe de la suprafață și se transmite pînă la rocile surpate din acoperișul abatajului. Blocurile de rocă delimitate de fracturi în perioada formării lor acționează asupra rocilor surpate cu partea posterioară, ceea ce conduce la creșterea presiunii miniere în spatele susținerii mecanizate. La detașarea completă a blocului de masiv se poate întîmpla ca presiunea minieră ce acționează asupra susținerii să crească și să revină la valorile obișnuite numai după deplasarea secției.

Distanța între două fracturări succesive reprezintă $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ din distanța de la preabatajul de montare la abataj, după prima surpare.

Această ipoteză explică toate fenomenele ce se manifestă în timpul exploatării lignitului, atît în subteran, în zona abatajelor, cît și la suprafață, în zona albiilor de scufundare ale acestora, presiunile miniere calculate pe baza acestei ipoteze fiind suficient de precise pentru alegerea tehnologiilor de susținere din subteran.

Analizînd rezultatele obținute, reies următoarele concluzii mai importante pentru mineritul din Oltenia.

— Presiunea minieră care acționează asupra susținerilor mecanizate din abatajele cu front lung depinde, în principal, de caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor din acoperișul stratului, de înălțimea abatajului (tipul susținerii) și de viteza de avans a acestuia; ea nu depinde, în mod evident, de grosimea de copertă.

— Presiunea de reazem, respectiv intensitatea desprinderilor de bulgări din fronturile de lucru, depinde de grosimea copertei, caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor ce o alcătuiesc, înălțimea abatajului, rezistența, numărul, poziția și grosimea intercalațiilor sterile din frontul de lucru.

— Presiunea minieră care solicită susținerile mecanizate poate fi calculată, cu suficientă precizie, cu relația:

$$P = \Sigma \gamma_i \cdot h_i,\ \mathrm{kN/m^2}.$$

Relația este valabilă în următoarea condiție:

$$\Sigma h_i = 6{,}9\ M$$

— Susținerile mecanizate folosite în minele din Oltenia corespund, în general, condițiilor existente în bazin, introducerea lor în abataje fiind necesar să se facă pe baza unor criterii bine fundamentate științific.

Rezultatele cercetărilor efectuate impun următoarea orientare privind utilizarea tehnologiilor de susținere existente:

- amplasarea abatajelor în cîmpuri miniere astfel încît în cadrul fiecărui abataj să nu fie variații mari de copertă și dotarea acestora cu complexe mecanizate de înălțime corespunzătoare pentru evitarea desprinderilor de bulgări din fronturile de lucru;
- exploatarea stratelor de lignit cu copertă mare cu ajutorul complexelor de înălțime mică (sub 2 m) sau a complexelor de înălțime mijlocie prevăzute cu susținătoare de front adecvate, astfel încît înălțimea frontului rămas nesusținut să nu depășească 2 m.

La exploatarea stratelor de lignit cu copertă mică (sub 60 m) pot fi folosite complexele mecanizate de toate înălțimile în funcție de grosimea stratelor de lignit și condițiile hidrogeologice existente.

# Echipamente modulare în comutaţie statică pentru automatizarea instalaţiilor de extracţie

Şef lucr. ing. **T. Coroescu** şi ing. **Viorica Todeasa**
Institutul de Mine Petroşani

## I. Introducere

Necesitatea automatizării instalaţiilor de extracţie minieră existente sau nou proiectate impune realizarea de echipamente de automatizare în comutaţie statică folosind componente electronice produse în ţară. În acest sens, într-o primă etapă se impune înlocuirea echipamentelor de automatizare existente achiziţionate din import prin echipamente care să realizeze aceleaşi funcţiuni dar de producţie indigenă, urmînd ca pe baza experienţei acumulate din studiul comportării acestora să se treacă, în etapa următoare, la proiectarea şi realizarea de echipamente de concepţie nouă, folosind comutaţia statică totală. Ca urmare, în cadrul catedrei de electrotehnică a Institutului de Mine din Petroşani s-a realizat şi se experimentează un întrerupător magnetic şi un releu de control al rotaţiei, în execuţie modulară şi în comutaţie statică, pe baza echipamentelor similare existente la instalaţiile de extracţie cu schip automatizate importate.

## II. Întrerupătorul magnetic

Este destinat pentru utilizarea, atit ca întrerupător de sfîrşit de cursă (de poziţie) în dispozitivele de comandă automată, de control şi protecţie a instalaţiilor industriale prevăzute cu aparate mobile cu deplasare limitată, cît şi, în special, la automatizarea instalaţiilor de extracţie minieră. În ansamblu, întrerupătorul magnetic cuprinde un bloc logic de comandă *BLC*, un detector *DET*, unul sau mai mulţi magneţi permanenţi *MAG* şi are schema de principiu prezentată în figura 1 *a*, iar specificaţia pieselor componente (din ţară) în figura 1 *b*.

Principiul de funcţionare al întrerupătorului magnetic se bazează pe modificarea parametrilor electrici ai detectorului sub acţiunea cîmpului magnetic exterior creat de magnetul permanent *MAG* fixat pe vasul de extracţie. Alimentarea cu tensiune a întrerupătorului magnetic se face la 220 V sau 127 V, 50 Hz, prin intermediul transformatorului de alimentare *TR* 1, din secundarele căruia sînt alimentate blocul logic de comandă *BLC* şi detectorul *DET*.

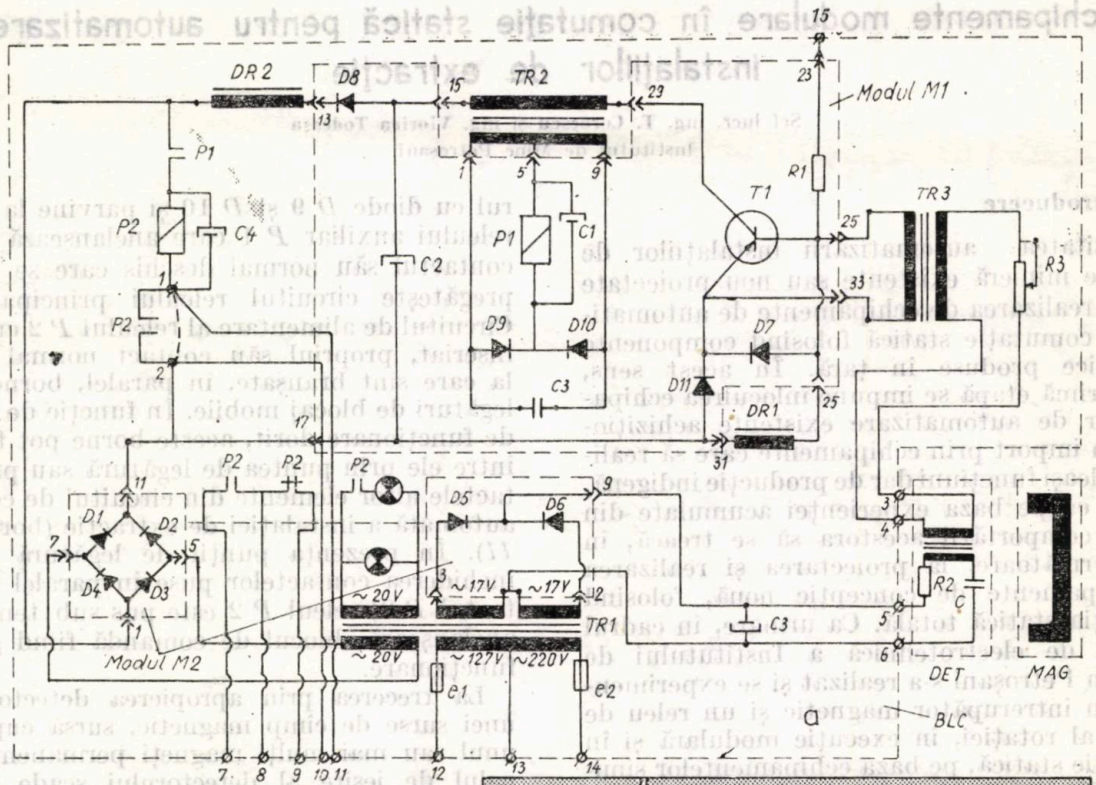
La alimentarea cu tensiune a întrerupătorului magnetic apare un semnal pe bornele de ieşire *3*; *4* ale detectorului care atacă intrarea amplificatorului tranzistorizat al blocului de comandă. Semnalul amplificat de *T* 1 este transmis prin transformatorul *TR* 2 la redresorul cu diode *D* 9 şi *D* 10 şi parvine la bobina releului auxiliar *P* 1 care anclanşează şi, prin contactul său normal deschis care se închide, pregăteşte circuitul releului principal *P* 2. Circuitul de alimentare al releului *P* 2 cuprinde, înseriat, propriul său contact normal deschis la care sînt branşate, în paralel, bornele unei legături de blocaj mobile. În funcţie de regimul de funcţionare dorit, aceste borne pot fi legate între ele prin puntea de legătură sau prin contactele altor elemente din circuitul de comandă automată a instalaţiei de extracţie (bornele *10*, *11*). În prezenţa punţii de legătură (sau la închiderea contactelor puse în paralel cu contactul *P* 2) releul *P* 2 este pus sub tensiune şi anclanşează, blocul de comandă fiind gata de funcţionare.

La trecerea prin apropierea detectorului a unei surse de cîmp magnetic, sursă cuprinzînd unul sau mai mulţi magneţi permanenţi, semnalul de ieşire al detectorului scade pînă la o valoare inferioară limitei de sensibilitate a amplificatorului tranzistorizat din blocul de comandă *BLC*.

Ca urmare, tranzistorul *T* 1 se blochează şi curentul prin bobina releului *P* 1 se anulează şi deci acesta declanşează şi îşi deschide contactul din circuitul releului *P* 2, care declanşează la rîndul său. Releul *P* 2, prin contactele sale care îşi schimbă starea, acţionează în circuitul de comandă, protecţie şi semnalizare al instalaţiei de extracţie minieră.

În toate regimurile de funcţionare normală circuitele întrerupătorului magnetic trebuie să fie în permanenţă sub tensiune, avînd deci releele *P* 1 şi *P* 2 anclanşate. În acest fel se asigură controlul stării bune de funcţionare a circuitelor electrice ale întrerupătorului, adică o mare eficacitate a protecţiei, astfel încît toate eventualele defecte ale circuitului întrerupătorului magnetic au ca efect deconectarea releului de execuţie *P* 2, care comandă, prin contactele sale, oprirea instalaţiei şi semnalizarea stării de avarie.

Întrerupătorul magnetic s-a realizat modular, asigurîndu-se în acest fel o depanare şi o întreţinere uşoară, precum şi o reducere a gabaritului, eliminîndu-se astfel dezavantajele prezentate de întrerupătoarele magnetice existente în funcţiune la instalaţiile de extracţie, putîndu-se totodată elimina importul acestor echipamente. Schemele de cablaj ale modulelor sînt prezentate în figura 1 *c*, la realizarea cărora s-a folosit cablaj imprimat simplu placat şi cuple CONECT.




| Nr. | Simbol | Caracteristici | Buc. |
|---|---|---|---|
| 1 | D1÷D7 | Diode siliciu F-107 | 7 |
| 2 | D8÷D11 | Diode siliciu 1N-4005 | 4 |
| 3 | P1 | Releu Reed; bobina 2600 sp. ϕ 0,1mm | 1 |
| 4 | P2 | Releu 24 Vcc. Tip RI-8 | 1 |
| 5 | C1-C4 | Condensator electrolitic 4,7 μF/63 V | 2 |
| 6 | C2 | Condensator electrolitic 47 μF/25 V | 1 |
| 7 | C3 | Condensator 330 μF/25 V | 1 |
| 8 | R1 | Rezistență 430 Ω ; 0,25 W | 1 |
| 9 | R2 | Rezistență 130 Ω ; 0,25 W | 1 |
| 10 | R3 | Potențiometru 300 Ω ; 0,25 W | 1 |
| 11 | $e_1, e_2$ | Siguranțe fuzibile 0,5 A | 2 |
| 12 | T1 | Tranzistor germaniu ASZ-18 | 1 |
| 13 | TR1 | Transformator alimentare<br>Primar 1465 sp. ϕ 0,15mm + 1065 sp. ϕ 0,2 mm<br>Secundar 2x119 sp. ϕ 0,1mm + 2x140 sp. ϕ 0,35 mm<br>Tole E+I „ 12,5 " S = 7,5 cm² | 1 |
| 14 | TR2 | Transformator alimentare releu<br>Primar 1000 sp. ϕ 0,2 mm<br>Secundar 2 x 476 sp. ϕ 0,12 mm<br>Tole E+I „ 10" S = 4 cm² | 1 |
| 15 | TR3 | Transformator<br>Primar 1000 sp. ϕ 0,2 mm<br>Secundar 2000 sp. ϕ 0,18 mm<br>Tole E+I „ 10' S = 4 cm² | 1 |
| 16 | DR1 | Bobină de șoc 1600 sp. ϕ 0,2 mm<br>Tole E+I „ 8" S = 3 cm² | 1 |
| 17 | DR2 | Bobină de șoc 2000 sp. ϕ 0,16 mm<br>Tole E+I „ 8" S = 3,2 cm² | 1 |
| 18 | DET | Detector avînd în primar 195 sp. ϕ 0,2 mm, în secundar 2000 sp. ϕ 0,1 mm. | 1 |

b

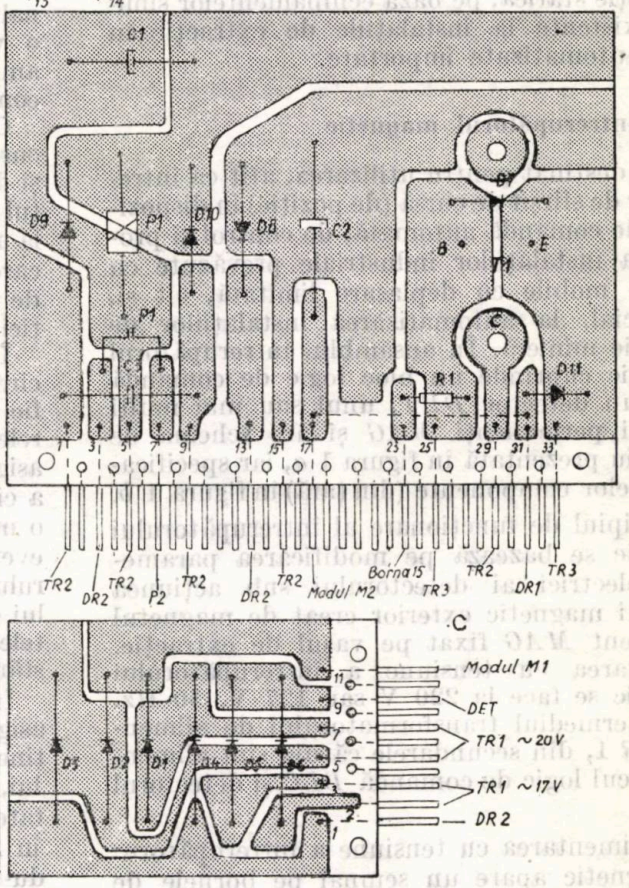


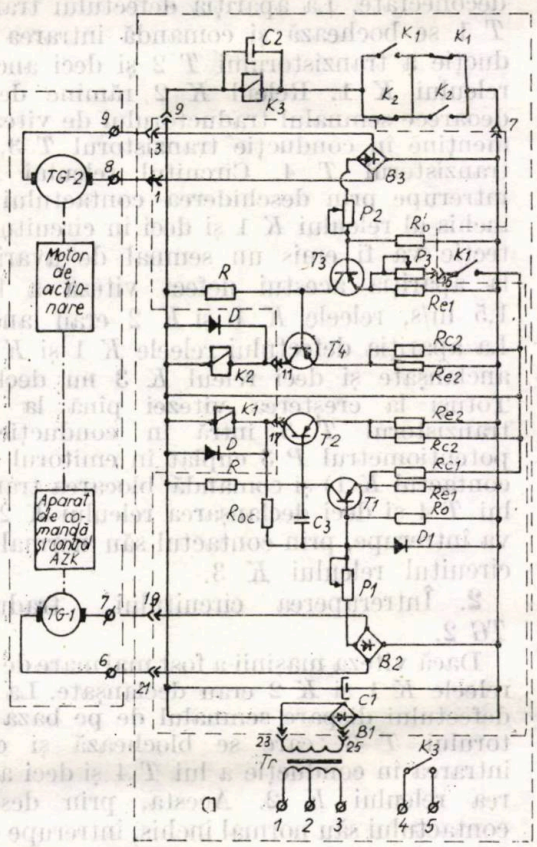

Fig. 1. Întrerupătorul magnetic în comutație statică și execuție modulară :

*a* — schema de principiu ; *b* — specificația pieselor componente ; *c* — cablaje imprimate ale modulelor

## III. Releul de control al rotației

Acesta este cunoscut și sub numele de releu de control al integrității lanțului cinematic *RKV*, funcționează pe principiul comparării a două mărimi electrice produse de două traductoare de viteză (tahogeneratoare) și comandă oprirea instalației de extracție în momentul disimetriei tensiunilor debitate de cele două traductoare de viteză. Schema de principiu a acestui releu este prezentată în figura 2 *a*, iar specificația pieselor componente din țară folosite la materializarea ei se prezintă în figura 2 *b*.

Cînd mașina de extracție nu este în funcțiune, semnalele electrice emise de traductorul




| Nr. | Simbol | Caracteristici | Buc. |
|---|---|---|---|
| 1 | Tr | Transformator 220(127)/18V | 1 |
| 2 | B2 | Diode 1N-4005 | 4 |
| 3 | D, D1, B1, B3 | Diode F 107 | 11 |
| 4 | T1, T3 | Tranzistori EFT-311 | 2 |
| 5 | T2, T4 | Tranzistori AC-180 B, K IV | 2 |
| 6 | C1 | Condensator 470 µF, 50V | 1 |
| 7 | C2 | Condensator 100 µF, 50V | 2 |
| 8 | C3 | Condensator 5 µF, 50V | 1 |
| 9 | K1, K2 | Relee 24 V | 2 |
| 10 | K3 | Releu 24 V | 1 |
| 11 | P1 | Potențiometru 22 KΩ/2 W | 1 |
| 12 | P2 | Potențiometru 22 KΩ/2 W | 2 |
| 13 | P3 | Potențiometru 22 KΩ/2 W | 1 |
| 14 | Ro | Rezistență 5,6 KΩ/0,5 W | 1 |
| 15 | Ro' | Rezistență 2 KΩ/0,5 W | 1 |
| 16 | Re1 | Rezistență 100 Ω/0,5 W | 2 |
| 17 | Rc1 | Rezistență 4,7 KΩ/0,5 W | 1 |
| 18 | R | Rezistență 11 KΩ/0,5 W | 2 |
| 19 | Re2 | Rezistență 220 KΩ/0,5 W | 2 |
| 20 | Rc2 | Rezistență 33 KΩ/0,5 W | 1 |
| 21 | Roc | Rezistență 120 KΩ/0,5 W | 1 |

b

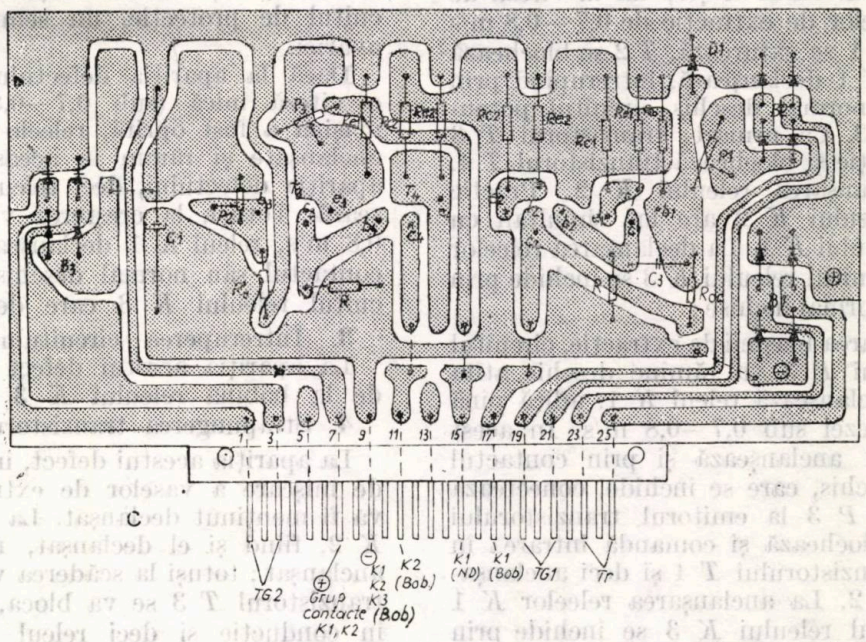



Fig. 2. Releul de control al rotației în comutație statică și execuție modulară :
*a* — schema de principiu ; *b* — specificația pieselor componente ; *c* — cablajul imprimat al modulului.

de viteză *TG* 1, amplasat pe aparatul de programare și control al mersului *AZK* și de traductorul de viteză *TG* 2, unit printr-un angrenaj cu axul motorului de acționare a mașinii de extracție, sînt nule. Totodată, tranzistoarele *T* 1 și *T* 3 sînt blocate, iar tranzistoarele *T* 2 și *T* 4 — în conducție. Ca urmare, bobinele releelor *K* 1 și *K* 2 sînt puse sub tensiune și deci aceste relee anclanșează. Prin închiderea contactelor normal deschise ale releelor *K* 1 și *K* 2 se pune sub tensiune bobina releului *K* 3, care anclanșează și schema este pregătită pentru funcționare. Contactele releului *K* 3 sînt introduse în circuitul de protecție al instalației de extracție. Releul tranzistorizat cu tranzistoarele *T* 3 și *T* 4 s-a calculat astfel încît releul *K* 2 să declanșeze la două valori diferite ale semnalului de la tahogeneratorul *TG* 2. Prima valoare a semnalului corespunde vitezei de mișcare a vasului de extracție de 0,3 —0,5 m/s, circuitul potențiometrului *P* 3 este întrerupt prin contactul normal deschis *K* 1 și deci tranzistorul *T* 3 intră în conducție, iar *T* 4 se blochează, provocînd declanșarea releului *K* 2. A doua valoare a semnalului de la *TG* 2 corespunde vitezei de mișcare a vasului de extracție de 1,4 —1,5 m/s ; potențiometrul *P* 3 este conectat prin închiderea contactului *K* 1 la emitorul tranzistorului *T* 3, care intră în conducție, iar *T* 4 se blochează, provocînd declanșarea releului *K* 2.

Circuitul format din contactul normal deschis al releului *K* 1 și potențiometrul *P* 3, legate în serie, permite corectarea momentului cuplării releului *K* 2 după cuplarea releului *K* 1 în gama vitezelor de la 0,5 la 1,5 m/s. Corecția se realizează astfel :

- la accelerarea mașinii de extracție, semnalul electric al traductorului de turație *TG*1, legat la aparatul *AZK* crește, iar la viteza de mișcare a vaselor de extracție de 0,7 — 0,8 m/s tranzistorul *T* 1 se saturează, *T* 2 se blochează și deci releul *K* 1 declanșează, întrerupînd prin contactul său normal deschis circuitul potențiometrului *P* 3. Ca urmare, tranzistorul *T* 3 intră în conducție și blochează tranzistorul *T* 4, provocînd declanșarea releului *K* 2. Practic declanșarea releului *K* 2 are loc simultan cu declanșarea releului *K* 1. La declanșarea releelor *K* 1 și *K* 2 circuitul releului *K* 3 se închide prin contactele lor normal închise ;
- la decelerarea mașinii de extracție, circuitul potențiometrului *P* 3 va rămîne deschis atîta timp cît nu anclanșează releul *K* 1, adică pînă la scăderea vitezei sub 0,7 —0,8 m/s. În acest caz releul *K* 1 anclanșează și prin contactul său normal deschis, care se închide, conectează potențiometrul *P* 3 la emitorul tranzistorului *T* 3, care se blochează și comandă intrarea în conducție a tranzistorului *T* 4 și deci anclanșarea releului *K* 2. La anclanșarea releelor *K* 1 și *K* 2 circuitul releului *K* 3 se închide prin contactele lor normal deschise.

Releul de control al rotației acționează în cazul următoarelor defecțiuni.

**1.** Întreruperea circuitului cinematic al aparatului *AZK* sau al circuitului traductorului *TG* 1, cazuri în care dispare semnalul de pe baza tranzistorului *T* 1. Dacă la apariția acestui defect vasele de extracție s-au deplasat cu viteză mare (peste 1,5 m/s), releele *K* 1 și *K* 2 erau deconectate. La apariția defectului tranzistorul *T* 1 se bochează și comandă intrarea în conducție a tranzistorului *T* 2 și deci anclanșarea releului *K* 1. Releul *K* 2 rămîne deconectat deoarece semnalul traductorului de viteză *TG* 2 menține în conducție tranzistorul *T* 3, blocînd tranzistorul *T* 4. Circuitul releului *K* 3 se întrerupe prin deschiderea contactului normal închis al releului *K* 1 și deci în circuitul de protecție va fi emis un semnal de avarie. Dacă la apariția acestui defect viteza a fost sub 1,5 m/s, releele *K* 1 și *K* 2 erau anclanșate. La apariția defectului releele *K* 1 și *K* 2 rămîn anclanșate și deci releul *K* 3 nu declanșează. Totuși la creșterea vitezei pînă la 1,5 m/s tranzistorul *T* 3 intră în conducție (avînd potențiometrul *P* 3 cuplat în emitorul său prin contactul *K* 1) și comandă blocarea tranzistorului *T* 4 și deci declanșarea releului *K* 2. Acesta va întrerupe, prin contactul său normal deschis, circuitul releului *K* 3.

**2.** Întreruperea circuitului traductorului *TG* 2.

Dacă viteza mașinii a fost mai mare de 1,5 m/s, releele *K* 1 și *K* 2 erau declanșate. La apariția defectului dispare semnalul de pe baza tranzistorului *T* 3, care se blochează și comandă intrarea în conducție a lui *T* 4 și deci anclanșarea releului *K* 2. Acesta, prin deschiderea contactului său normal închis, întrerupe circuitul releului *K* 3, care declanșează și emite, în circuitul de protecție, un semnal corespunzător avariei.

Dacă la apariția defectului mașina a avut o viteză mică (sub 0,7 —0,8 m/s) sau dacă mașina a fost oprită, releele *K* 1 și *K* 2 erau anclanșate și rămîn în această stare și după apariția defectului, deci releul *K* 3 nu declanșează. Totuși, la creșterea vitezei peste 0,7 — 0,8 m/s, releul *K* 1 declanșează și își deschide contactul său normal deschis, întrerupînd circuitul releului *K* 3 care declanșează.

**3.** Întreruperea circuitului de alimentare. La apariția acestui defect dispare tensiunea de la bobina releului *K* 3 care declanșează.

**4.** Străpungerea tranzistorului *T* 1.

La apariția acestui defect, indiferent de viteza de mișcare a vaselor de extracție, releul *K* 1 va fi menținut declanșat. La viteze mari releul *K* 2, fiind și el declanșat, releul *K* 3 rămîne anclanșat ; totuși la scăderea vitezei sub 0,4 m/s tranzistorul *T* 3 se va bloca, iar *T* 4 va intra în conducție și deci releul *K* 2 anclanșează și întrerupe (prin deschiderea contactului său

normal închis) circuitul releului $K$ 3, care declanşează.

5. Străpungerea tranzistorului $T$ 2.

La apariţia acestui defect, indiferent de viteza de mişcare a vaselor de extracţie, releul $K$ 1 va fi menţinut anclanşat. La viteze mici, releul $K$ 2 fiind şi el anclanşat, releul $K$ 3 rămîne anclanşat. Totuşi, la creşterea vitezei peste 1,5 m/s tranzistorul $T$ 3 intră în conducţie, iar $T$ 4 se va bloca şi deci releul $K$ 2 declanşează şi întrerupe (prin deschiderea contactului său normal deschis) circuitul releul $K$ 3, care declanşează.

6. Străpungerea tranzistorului $T$ 3

La apariţia acestui defect, indiferent de viteza de mişcare a vaselor de extracţie, releul $K$ 2 va fi menţinut declanşat. La viteze mari, releul $K$ 1 fiind şi el declanşat, releul $K$ 3 rămîne anclanşat. Totuşi la scăderea vitezei sub 0,7 — 0,8 m/s tranzistorul $T$ 1 se va bloca, iar $T$ 2 va intra în conducţie şi deci releul $K$ 1 anclanşează şi întrerupe (prin deschiderea contactului său normal închis) circuitul releului $K$ 3, care declanşează.

7. Străpungerea tranzistorului $T$ 4.

La apariţia acestui defect, indiferent de viteza de mişcare a vaselor de extracţie, releul $K$ 2 va fi menţinut anclanşat. La viteze mici, releul $K$ 1 fiind şi el anclanşat, releul $K$ 3 rămîne anclanşat. Totuşi, la creşterea vitezei peste 0,7 —0,8 m/s, tranzistorul $T$ 1 intră în conducţie, iar $T$ 2 se va bloca şi deci releul $K$ 1 declanşează şi întrerupe (prin deschiderea contactului său normal deschis) circuitul releului $K$ 3 care declanşează.

Se constată deci marea siguranţă în funcţionare a releului de control al rotaţiei, el acţionînd în cazul oricăror defecţiuni posibile, atît la partea cinematică, cît şi la componentele sale proprii. Depanarea şi întreţinerea releului de control al rotaţiei sînt mult simplificate datorită construcţiei sale modulare, care prezintă şi avantajul reducerii considerabile a gabaritului aparatului. Folosirea de componente electronice din ţară permite eliminarea importului acestor echipamente, prin realizarea lor în ţară. Schema cablajului imprimat al modulului logic de comandă din cadrul releului de control al rotaţiei este prezentată în figura 2 *c*, la realizarea căruia s-a folosit cablaj imprimat simplu placat şi o cuplă CONECT după licenţa AMPFENOL.

**Bibliografie**


[1] Dinkeli, A. D. *Tiristornii elektroprivod rudnicinogo podiema*. Nedra, Moskva, 1977.

[2] Storojenko, M. A. *Apparatura upravlenia rudnicinimi podiemnimi ustanovkami*. Nedra, Moskva, 1973.

[3] * * * *Aparat zadania i kontrolea hoda şahtnoi podiemnoi maşinî AZK — 1*. Instrukţia po ekspluataţii, 1972.

[4] * * * *Magnitnie vikliuciateli*. Instrukţia po ekspluataţii, 1972.


# Tehnici izotopice în industria minieră

## Trasori în cercetările hidrogeologice


Dr. ing. **E. Gaşpar** şi ing. **R. Catilina**


Ca orice metodă de investigare, tehnicile izotopice au ca scop obţinerea unor informaţii cît mai detaliate asupra sistemului de studiat. Din gama largă de utilizării a tehnicilor nucleare, în materialul prezent ne vom referi, exclusiv, la posibilităţile pe care le oferă cele bazate pe metodologia trasorilor în hidrogeologie.

În tabelul 1 se redau, schematic, unele domenii şi exemple de parametri posibili de studiat cu ajutorul trasorilor.

În general, noţiunea de trasor se referă la orice substanţă ale cărei proprietăţi fizice sau chimice, atomice sau moleculare, permit identificarea, urmărirea şi studierea comportării acesteia (dispersarea sau concentrarea şi, în general, dinamica sa) în decursul unui anumit proces natural sau tehnologic, mai mult sau mai puţin complicat.

Trasorii utilizaţi, respectiv ansamblul metodelor, tehnicilor şi tehnologiilor de lucru nucleare prezintă o serie de trăsături specifice şi anume:

— posibilitatea de a distinge între atomii aceluiaşi element, în cadrul unui sistem complex, originea şi traseele nuclizilor urmăriţi;

— sensibilitatea extrem de mare a metodelor de detecţie;

— trasorii radioactivi au proprietatea de a emite constant radiaţii $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ detectabile în orice condiţii de mediu;

— stabilitatea în timp şi în spaţiu;

— sînt capabili să furnizeze, în multe cazuri, informaţii care nu pot fi obţinute prin alte tehnici, constituind astfel o metodă unică posibilă;

— preparaţi corespunzător se pot comporta ca şi mediul necesar de investigat.

Aceste trăsături specifice creează tehnicilor izotopice cu trasori avantaje nete faţă de trasorii clasici şi justifică interesul şi dezvoltarea pe care au căpătat-o în unele ţări.

Pentru a reproduce fidel fenomenul studiat, trasorul trebuie:

- să fie introdus în procesul natural sau tehnologic fără a-l perturba, în aceeaşi stare de agregare, la aceeaşi temperatură şi presiune, formă fizică şi chimică ca şi a mediului de investigat;

*Tabelul 1*

**Trasori în industria minieră**

| Domenii | Parametrii posibili de studiat, exemple | Trasori posibili de utilizat | | |
|---|---|---|---|---|
| | | radioactivi | de mediu | stabili |
| Ape de suprafață | Determinarea debitelor apelor de suprafață<br>Timpul de tranzit al apelor pluviale<br>Studiul eroziunii produsă de ape<br>Determinarea poluării mediului acvatic<br>Dinamica apelor în halde, lacuri de acumulare, batale etc.<br>Ritm de sedimentare în lacuri, mare și rezervoare<br>Dinamica sedimentelor (lacuri, mări, rîuri)<br>Pierderi de ape (din lacuri, conducte, bazine închise)<br>Determinarea caracteristicilor hidrodinamice ale apelor | $^{3}H$<br>$^{82}Br$<br>$^{131}I$<br>$^{60}Co$-EDTA<br>$^{198}Au$<br>$^{140}La$<br>$^{24}Na$<br>$^{182}Ta$<br>$^{95}Zr$ | $^{18}O$<br>$^{2}H(D)$<br>$^{3}H(T)$<br>$^{14}C$<br>$^{13}C$<br>$^{12}C$<br>$^{32}S$<br>$^{34}S$<br>$^{39}Ar$<br>$^{85}Kr$<br>$^{32}Sr$ | In<br>Br<br>Cl<br>$C_{28}H_{31}ClN_2O_3$<br>$C_{20}H_{12}O_5$<br>$Na_2Cr_2O_7$ |
| Ape subterane | Bazinele de alimentare<br>Interconexiuni între apele de suprafață și subterane<br>Circulația în structuri hidrocarstice<br>Dinamica apelor subterane (direcții, viteze de curgere)<br>Originea apelor subterane<br>Caracteristicile acviferului (permeabilitate, porozitate, viteze de tranzit, debit, capacitate de acumulare)<br>Poluarea (surse)<br>Bazine de protecție necesare (la ape geotermale, ape potabile etc.)<br>Urmărirea surselor și caracteristicilor și proceselor de asecare<br>Studiul migrării diverselor soluții (polimeri, micele, ape, în industria petroliferă) în zăcăminte | | | |

- să nu interacționeze cu mediul de ivestigat;
- să fie ușor detectabil, pe de o parte, și cît mai puțin nociv, pe de altă parte;
- să existe în sistem atît timp cît este necesar să se studieze fenomenul dat;
- să dispară, dacă este nociv, la scurt timp după studierea fenomenului;
- să se comporte și să reproducă cît mai fidel procesul, fenomenul sau parametrul de studiat.

Aplicarea metodelor cu trasori, dată fiind neexistența unor trasori universali ideali, precum și caracteristicile particulare ale fiecărui mediu (geologic, morfologic, hidrogeologic, chimic etc.) sau proces necesar de investigat, trebuie privită că o cercetare aparte pentru fiecare caz, respectiv tehnica cercetării cu trasori să se individualizeze ca o metodă specifică.

Metoda trasorilor este o tehnică utilizată pentru studierea unei anumite mulțimi specifice: atomi, molecule sau alte entități printr-un proces de marcare natural sau artificial.

Izotopii care se găsesc în mod natural în ape ($^{2}H$, $^{3}H$, $^{14}C$, $^{18}O$ etc.) poartă numele de izotopi de mediu și constituie t r a s o r i n a t u r a l i pentru apă, iar cei care sînt introduși în mediul acvatic (izotopi stabili sau radioactivi) printr-un procedeu oarecare, constituie t r a s o r i a r t i f i c i a l i.

În tabelul 2 se dă o clasificare (cu exemple) a trasorilor, efectuată pe criteriile expuse.

În hidrogeologie, obiectivul cercetărilor fiind obținerea de informații cît mai complete asupra hidrodinamicii din structura geologică sau perimetrul de studiat, se suprapune peste aceasta, în mod natural sau artificial, curgerea unui trasor cu ajutorul căruia se pot obține o serie

*Tabelul 2*

| Tipul trasorului | | Exemple de trasori |
|---|---|---|
| Naturali (de mediu) | | $^{2}H$; $^{3}H$; $^{14}C$; $^{18}O$ etc. |
| Artificiali | radioactivi | $^{82}Br$; $^{24}Na$; $^{131}I$; $^{60}Co$-EDTA etc. |
| | stabili | Br, In etc. |

de informații asupra zonei respective. Una din problemele principale constă din definirea relațiilor care există între aceste două tipuri de informații, cu scopul de-a le determina pe primele în funcție de cele obținute prin măsurarea trasorilor.

Dacă studiem un parametru oarecare al mișcării $X$ și dacă se notează cu $Y$ ansamblul parametrilor caracteristici deplasării trasorului, cu $Z$ ansamblul parametrilor caracteristici mișcării studiate și cu $U$ ansamblul parametrilor caracteristici condițiilor inițiale, atunci:

$$F(Y,Z,U) = X.$$

Deci, cunoașterea lui $Y, Z$ și $U$ permite determinarea lui $X$ și, în consecință, orice particulă a trasorului va fi reprezentativă pentru mișcarea studiată.

Dezvoltarea hidrogeologiei izotopice a luat un asemenea avînt în țările cu o tehnologie avansată încît în prezent nu se poate concepe executarea unui studiu hidrogeologic fără utilizarea tehnicilor izotopice aferente; dealtfel, dările de seamă ale congreselor organizate de Agenția Internațională pentru Energia Atomică la intervale regulate, începînd din 1963 [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7] reflectă, într-o manieră spectaculoasă, dezvoltarea hidrologiei izotopice în ultimii 20 de ani.

În urma dezvoltării lucrărilor cu trasori în hidrogeologie, acestea pot fi împărțite în două ramuri principale:

— hidrogeologia izotopilor de mediu;
— hidrogeologia izotopilor artificiali.

Prima ramură folosește variațiile izotopilor stabili în ape prin procese naturale, care pot fi observate și interpretate să rezolve unele probleme hidrogeologice pe baza cunoștințelor generale de variație a izotopilor în natură.

Două molecule de apă vor avea mase egale sau diferite în funcție de compoziția lor izotopică. Astfel, oxigenul are 3 izotopi stabili ($^{16}O$, $^{17}O$ și $^{18}O$), iar hidrogenul doi ($^{1}H$ și $^{2}G$ sau deuteriul-D). Deci moleculele de apă obișnuită pot avea 9 configurații izotopice diferite și, ca atare, mase diferite. În afară de acestea, datorită activităților civile și militare, există în natură și izotopi radioactivi ai O și H dintre care menționăm în special izotopul $^{3}H$ sau T-tritiul.

În cadrul proceselor fizice naturale cum ar fi evaporarea și condensarea, topirea și cristalizarea, absorbția și desorbția, difuzia etc., apa, sub orice stare s-ar găsi, se îmbogățește sau sărăcește în anumiți izotopi deoarece unele proprietăți termodinamice a moleculelor depind de masele atomilor din care se compun.

Astfel, la evaporare, vaporii se îmbogățesc în $O^{16}$ și $H^{1}$, în timp ce apa rămasă se îmbogățește în $O^{18}$ și D. La condensare, faza apoasă este mai bogată în $O^{18}$ și D, comparativ cu vaporii care nu se condensează.

Dependența de temperatură a fenomenelor menționate produce variații izotopice sezonale ale precipitațiilor (precipitațiile din iarnă sînt sărace în izotopi grei față de precipitațiile din vară), variații de latitudine și variații de altitudine (conținutul în izotopi grei al precipitațiilor descrește cu creșterea altitudinii). Ultimul efect este important în special în studii hidrologice regionale unde, de exemplu, apele subterane, derivînd din arii de alimentare de la diferite înălțimi, pot fi diferențiate. Efectul altitudinii se poate schimba de la regiune la regiune dar, în general, este de aproximativ 2,5% descreștere pentru conținutul de D pentru o creștere de 100 m altitudine.

Ca urmare, dacă se recoltează sistematic probe din precipitații din zona de alimentare, din apele de suprafață și din apele subterane, acestea vor putea fi diferențiate. Variațiile sezoniere din precipitații se vor regăsi în apele de suprafață și în cele subterane. Din studiul și analiza concentrațiilor de deuteriu se pot trage concluzii asupra amestecului diferitelor categorii de ape.

Important de semnalat este faptul că în prezent nu există metodă, în afara celor izotopice, care să distingă originea apelor: meteorică, juvenilă sau magmatică. Astfel, în afara izotopilor grei, informații prețioase asupra genezei și corelației genetice a diferitelor tipuri de ape se pot obține pe baza studiului izotopilor stronțiului ($^{87}Sr/^{86}Sr$) în apele de suprafață, subterane, precipitații și roci din structura investigată.

Dacă în afara izotopilor de mediu se măsoară și alți parametri cum ar fi: conținutul global de săruri, concentrațiile diferitelor elemente chimice, temperatura (în special pentru apele termale), sfera informațiilor va crește considerabil.

*Tritiul*, izotopul radioactiv al hidrogenului, excelent trasor pentru apă, este produs în mod natural prin interacțiile radiațiilor cosmice cu atmosfera într-o cadență de 0,25 atomi/cm$^2$/s și este oxidat în cea mai mare parte în THO.

Media anuală a conținutului de tritiu, în precipitații în Europa Centrală, exprimată în unități tritiu (UT) a fost pînă în 1952 de 6 UT. Peste acestea s-au suprapus concentrații variabile de tritiu provenite în urma experiențelor militare și activităților civile.

În studiile asupra apelor subterane, măsurătorile de tritiu dau informații asupra genezei și ariei de alimentare, a tranzitului și „vîrstei" acestor ape, asupra vitezei și direcției de curgere cît și asupra unor probleme specifice de hidrogeologie minieră. De asemenea, informații deosebite se pot obține cu ajutorul tritiului în studiile regionale, în curgerea apelor prin roci carstice și prin roci fisurate.

Combinarea unora dintre aceste metode (de exemplu măsurarea conținutului de deuteriu, tritiu, diferența de densitate, analize hidrochimice, măsurarea raportului $^{87}Sr/^{86}Sr$ etc.) va spori considerabil sfera cunoștințelor asupra structurii geologice investigate. Efectuarea unui

astfel de studiu necesită însă un timp suficient de lung (între 18 și 24 luni) pentru a surprinde cel puțin un ciclu complet de fenomene hidrometeorologice și recoltarea lunară de probe din cît mai multe puncte din aria investigată (precipitații, ape de suprafață, ape subterane).

Pentru interpretarea datelor obținute cu ajutorul izotopilor de mediu, este necesară asocierea unui model matematic cît mai riguros, ceea ce presupune existența, în zona structurii investigate, a unui studiu hidrogeologic clasic cît mai amănunțit.

Hidrogeologia izotopilor artificiali folosește izotopi radioactivi sau stabili care ulterior sînt activați, injectați în sistemul de investigat, urmărindu-se evoluția concentrației izotopului în diverse puncte de măsură.

Într-un studiu hidrogeologic regional cum ar fi investigarea unei structuri hidrocarstice, determinarea originii afluxurilor de apă în mine, stabilirea perimetrului hidrogeologic al unei captări etc., analizele hidrochimice și cu izotopi de mediu vor diferenția diferite ape între ele dar, în final, vor rezulta cîteva surse și căi de tranzit care au aceeași probabilitate să influențeze fenomenul studiat (pot exista surse de apă cu aceeași compoziție chimică și cu aceleași concentrații în izotopi de mediu). Precizarea legăturilor hidrogeologice între diferite puncte, în acest caz, nu se poate face decît prin marcarea apelor în mod artificial.

Marcarea apelor se face în mod curent [8; 9; 10] cu diverși trasori conținînd izotopi stabili sau radioactivi. Cînd tranzitul apei se presupune că durează mai mult de 30 zile sau cînd apele marcate sînt utilizate în scopuri balneo-curative (ape minerale, termominerale, captări de ape potabile), este de preferat să se utilizeze izotopi stabili, detectabili cu ajutorul analizei prin radioactivare.

Un trasor excelent din acest punct de vedere este *indiul*, indicat în special pentru investigarea structurilor hidrocarstice. Sub formă de In-EDTA nu este reținut de teren și, avînd în vedere lipsa aproape completă a In în apele subterane, poate constitui un trasor fidel pentru apă; poate fi detectat în concentrații sub $10^{-6}$ g/l.

Pentru durate de tranzit scurte, rezultate excelente [11; 12] se pot obține folosind ca trasori izotopii radioactivi Brom-82 sau Iod-131.

Pentru mărirea sensibilității metodei în punctele de așteptare a trasorului se instalează filtre cu schimbători de ioni, care ulterior se măsoară cu ajutorul unei instalații spectrometrice într-o incintă cu fond redus. Determinările de acest tip necesită efectuarea în prealabil a unui studiu pe roci din zona de tranzit a trasorului pentru determinarea coeficientului Kd care caracterizează gradul de interacție a trasorului cu mediul parcurs și dispersia fizico-chimică.

*Tabelul 3*

**Caracteristicile trasorilor utilizabili**

| Izotopul | $T_{1/2}$ | Radiația, γ MeV |
|---|---|---|
| *TRASORI GAZOȘI RADIOACTIVI* | | |
| $^{41}Ar$ | 110 min | —1,37 |
| $^{82}Br$ | 36 h | 0,55—1,32 |
| $^{85}Kr$ | 10 a | —0,7 |
| | | —0,54 |
| $^{133}Xe$ | 5,27 d | 0,34 |
| *TRASORI LICHIZI RADIOACTIVI* | | |
| $^{24}Na$ | 15 h | 1,37; 2,75 |
| $^{51}Cr$ | 27,8 d | 0,325 |
| $^{64}Cu$ | 12,8 h | 1,340 |
| $^{182}Ta$ | 115 d | 1,12; 1,19 |
| $^{82}Br$ | 36 h | 0,55; 1,32 |
| $^{131}I$ | 8,04 d | 0,36; 0,64 |
| $^{140}La$ | 40 h | 0,33; 2,54 |
| $^{198}Au$ | 2,7 d | 0,412 |
| $^{60}Co$ | 5,3 a | 1,17; 1,33 |
| *TRASORI STABILI* | | |
| In $^{116}In$ m*) | 54 min | 1,27; 2,09 |
| Au $^{198}Au$*) | 2,7 d | 0,412 |
| Ir $^{192}Ir$*) | 74,4 d | 0,315; 0,665 |

Observații: * radioizotopul obținut după activare

În unele condiții favorabile, se pot utiliza, ca trasori, diverse alte substanțe ca: ionul $Cl^-$ (sensibilitate $3 \times 10^{-6}$ g/l), diverse tipuri de rhodamină, fluoresceină etc. [13; 14].

Principalele caracteristici ale unor trasori artificiali utilizați mai frecvent în studiile și cercetările cu trasori sînt redate în tabelul 3.

În desfășurarea studiilor și cercetărilor cu trasori, destul de laborioase și necesitînd o gamă largă de specialiști cu profile diferite (fizicieni, hidrogeologi, chimiști, matematicieni, geologi, mineri etc.), există, în general, cîteva etape principale de lucrări care trebuie parcurse, acestea fiind redate sintetic în tabelul 4.

*Tabelul 4*

**Etape în studiile și cercetările cu trasori**

| Nr. crt. | Etapa | Conținutul | Scopul |
|---|---|---|---|
| 1. | Documentare | • Culegerea de date din zona experimentului privind :<br>— localizarea perimetrului de lucru și condiții de execuție ;<br>— morfologia, vegetația ;<br>— geologia ; tectonica ;<br>— hidrogeologia și hidrologia ;<br>— meteorologia ;<br>— topografia ; căi de acces ;<br>— surse de energie ;<br>— date de mediu (temperatură, umiditate, gaze, toxicitate, pericol de explozie etc.).<br>• Culegerea de probe preliminare de ape, sol, roci.<br>• Amenajări speciale pentru lucrări cu trasori (acces la punctele de marcare, amenajare puncte de măsură, incinte pentru limitare acces personal ; foraje, devieri de ape, acumulări de ape etc).<br>• Documentarea și studierea esenței fenomenelor necesare de investigat ; căilor și posibilităților ce se întrevăd de rezolvare cu ajutorul trasorilor. | • Stabilirea condițiilor de execuție a experimentului în teren.<br>• Aprecierea posibilităților de execuție și a căilor de abordare a problemelor.<br>• Culegerea unui minim de date care să servească la :<br>— alegerea tehnicilor, tehnologiilor și metodelor nucleare posibile de utilizat ;<br>— proiectarea tehnologică a experimentelor în laborator, pilot și „in situ" ;<br>— întocmirea documentației pentru obținerea avizelor de lucru. |
| 2. | Studii și cercetări de laborator și pe machete (micropilot și pilot) | • Analiza și interpretarea materialelor documentare.<br>• Prelucrarea și analiza probelor recoltate. Caracteristici fizico-chimice cît mai complete, analize prin activare, prezența izotopilor de mediu.<br>• Elaborarea modelului fizico-matematic.<br>• Proiectarea tehnologică-radiometrică a testărilor.<br>• Proiectarea și executarea modelelor la scara laborator și pilot.<br>• Alegerea, prepararea și testarea trasorilor (forma chimică, caracteristici fizico-chimice ; stabilitate funcție de pH, temperatură, presiune, concentrația ionilor străini etc. ; prepararea sub forma chimică necesară : chelați, sticle cu anumite caracteristici, forme chimice comune etc.).<br>• Alegerea, elaborarea sau punerea la punct a unor tehnici, tehnologii, metode nucleare ce vor fi utilizate ; testarea lor pe modele de laborator și pilot.<br>• Determinarea comportării trasorilor pe modele de laborator și pilot (în condițiile date) și alegerea celor optimi experimentului ; coeficient de retenție ; comportarea generală (dispersie, difuzie, viteză de curgere, timp de tranzit, direcții preferențiale, modelul de curgere etc.).<br>• Metode și eficacitate de recuperare a trasorului.<br>• Determinarea condițiilor de detecție și măsură :<br>— concentrații minime detectabile și minime măsurabile în diverse geometrii de lucru ; | • Precizarea condițiilor tehnice și de mediu în care se va desfășura experimentul „in situ".<br>• Alegerea unuia sau a mai mulți trasori care vor fi utilizați în experimentul „in situ" și caracterizarea lor în condițiile de lucru date : retenție pe roci ; comportare la temperatură, pH, salinitate, alți factori de mediu etc.<br>• Alegerea soluțiilor privind metodele, tehnicile și tehnologiile ce se vor utiliza la experimentul „in situ"<br>• Stabilirea sistemelor de detecție și măsură :<br>— „in situ" ;<br>— în laborator, prin recoltare de probe „in situ" ;<br>— metodica și frecvența recoltării și măsurarea probelor.<br>• Stabilirea modului de interpretare a datelor și gradul lor de încredere.<br>• Furnizarea elementelor necesare pentru calculul activităților la experimentele „in situ".<br>• Furnizarea elementelor necesare pentru proiectarea tehnologică a experimentului și întocmirea documentației de lucru în afara unității nucleare. |

*Continuare tabelul 4*

| Nr. crt. | Etapa | Continutul | Scopul |
|---|---|---|---|
| | | — alegerea, adaptarea sau crearea aparaturii de detecție și măsură;<br>— calibrarea aparaturii.<br>● Alegerea și pregătirea schimbătorilor de ioni sau cărbuni activi (activarea lor, realizarea filtrelor, calculul cantității necesare, rata de înlocuire, comportarea lor în funcție de temperatura și încărcarea chimică etc.).<br>● Stabilirea asistenței tehnice de specialitate necesară înainte și pe durata experimentului (din partea beneficiarului).<br>● Stabilirea măsurilor de radioprotecție.<br>● Verificarea ipotezelor teoretice; interpretarea datelor; determinarea factorilor de corecție; determinarea de relații empirice verificate pe modele; elaborarea (după caz) de programe de calcul pentru interpretarea datelor. | |
| 3. | Proiectarea tehnologică a experimentului | ● Proiectarea se referă, în principal, la următoarele aspecte:<br>— radiometrică (calcul activitate, ecrane, conteinere de transport etc.);<br>— metode, tehnici și tehnologii nucleare sau nenucleare ce se vor utiliza în timpul experimentului;<br>— măsuri de radioprotecție;<br>— dispozitive de lucru (transvazare, injecție transport în condițiile date: punct fix, sonde adînci, temperaturi mari etc.);<br>— detecție, măsură;<br>— întrepretarea datelor. | ● Precizarea soluțiilor și a condițiilor pentru efectuarea experimentului „in situ" |
| 4. | Întocmirea documentației de lucru în afara unității nucleare | ● Se întocmește conform normelor în vigoare cuprinzînd date referitoare la:<br>— scopul experiențelor;<br>— descrierea zonei de lucru;<br>— trasorul și activitățile cu care se lucrează;<br>— transportul și injecția trasorului;<br>— aparatura de detecție și măsură;<br>— asigurarea condițiilor de radioprotecție a mediului și a personalului expus profesional; din populație și populația în ansamblu;<br>— posibilitate de contaminare, decontaminarea, deșeuri radioactive;<br>— descrierea tehnicilor, tehnologiilor și metodelor de lucru;<br>— calificarea și experiența personalului ce execută lucrarea;<br>— controlul dozimetric și radiometric al zonei și personalului; măsuri în caz de accident. | ● Obținerea avizului de lucru în afara unității nucleare de la organele Ministerului Sănătății și de la Inspecția de Stat pentru Controlul Activităților Nucleare din CSEN, conform Legii 61/1974 și a Normelor republicane de radioprotecție |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5. | Efectuarea experimentului „in situ" | • Cuprinde, în general, următoarele etape principale :<br>— pregătirea aparaturii, dispozitivelor și echipamentelor necesare pentru experimentări și transportul acesteia ;<br>— prepararea trasorului ;<br>— pregătirea sistemelor de recoltare a probelor și de reținție a trasorilor (filtre schimbătoare de ioni) ;<br>— efectuarea de lucrări preliminare pe teren ca :<br>— amenajarea locului (locurilor) de marcare și măsură și a traseului de transport ;<br>— simularea în alb a experimentului ;<br>— efectuarea de lucrări preliminare (după caz) cu trasori ca: determinări de debite ; pierderi de fluide ; coeficient de dispersie ; direcții și viteze de curgere în foraje izolate etc. ;<br>— stabilirea măsurilor de radioprotecție (marcaje, limitare circulație personal etc.).<br>• Amplasarea aparaturii de detecție și măsură în punctele stabilite, punerea în funcțiune, începerea măsurătorilor fondului natural.<br>• Transvazarea trasorului.<br>• Diluții primare și secundare ale trasorului.<br>• Introducerea trasorului în dispozitivul de injectare.<br>• Marcarea (injectarea) antrenor + trasor.<br>• Efectuarea de măsurători radiometrice continue pe durata experimentului.<br>• Recoltarea de probe și filtre schimbătoare de ioni și măsurarea lor spectrometrică „in situ" și în laborator.<br>• Decontaminarea, eliminarea deșeurilor și transportul acestora.<br>• Prelucrarea preliminară continuă a datelor obținute pentru conducerea operativă, cît mai judicioasă a experimentului. | • Urmărirea parametrilor hidrogeologici care fac obiectul cercetării |
| 6. | Întocmirea studiului cu rezultatele cercetărilor | • Prelucrarea datelor : metrologică, statistică, hidrogeologică etc.<br>• Interpretarea rezultatelor.<br>• Interpretarea unor fenomene prin programe de calcul.<br>• Stabilirea erorilor și a gradului de încredere a rezultatelor.<br>• Redactarea studiului. | Întocmirea studiului și rezultatele obținute |

NOTĂ: În toate etapele intervine, cu o pondere importantă, organizarea corespunzătoare a experimentelor, aceasta constituind cheia succesului cercetărilor și a executării lor în condiții de securitate nucleară. În problemele de organizare se include și întocmirea temei tehnice de lucru, sarcinile părților angajate în studii și cercetări, termene, încheierea contractului, prezentarea și susținerea studiilor de etapă sau finale.

## Concluzii

1. Tehnicile izotopice cu trasori în hidrogeologie pot fi utilizate în industria minieră în diverse etape de dezvoltare ca :
— cercetarea geologică ;
— deschiderea și pregătirea pentru exploatare ;
— exploatarea de substanțe minerale ;
— prelucrarea ;
— poluarea mediului ambiant ;
— construcții industriale, civile ;
— securitatea unor hălzi sau batale etc.

2. Tehnicile izotopice cu trasori în hidrogeologie pot furniza elemente care să ajute la rezolvarea unor probleme ca :

1 —originea și migrarea apelor subterane la nivel regional (un rol important avîndu-l studiile și cercetările cu izotopi de mediu) ;

2 — interconexiuni între apele de suprafață și subterane :
- sursele de infiltrație în subteran ;
- timp de tranzit ;
- viteze de curgere ;

3 — viteze și direcții de curgere ale apelor subterane ;

4 — legături posibile între diverse acvifere ;

5 — caracteristicile hidrodinamice ale diverselor acumulări de ape ;

6 — determinarea debitelor și a pierderilor de debite în apele de suprafață pentru depistarea surselor posibile de infiltrare a apelor în subteran ;

7 — determinarea infiltrațiilor și exfiltrațiilor de ape la : canale deschise (exemplu : apele pompate în canale deschise la zăcămintele în carieră dacă nu se infiltrează din nou în zăcămînt), iazuri de decantare, hălzi de steril ;

8 — caracteristicile apelor geotermale (origine, realimentare, direcție, viteză de curgere etc.) și stabilirea perimetrului de protecție ;

9 — comportarea apelor în structuri hidrocarstice ;

10 — migrarea apelor în hălzile de la preparare, pentru prevenirea fenomenelor de accident prin deplasarea acestora ;

11 — determinarea surselor și a mecanismului de poluare a mediului ambiant (ape de suprafață și subterane), difuzia poluanților ;

12 — studiul migrării sedimentelor marine în vederea :
- stabilirii surselor și a zonelor de îmbogățire în substanțe utile ;
- modul și timpul de regenerare a unui zăcămînt aluvionar ;
- modificări morfologice ale litoralului ;
- securitatea și funcționabilitatea construcțiilor litorale ;

13 — etanșeitatea unor panouri din zăcămintele de petrol unde se intenționează să se injecteze soluții pentru mărirea factorului final de recuperare ;

14 — urmărirea migrării soluțiilor injectate în zăcăminte petrolifere pentru mărirea factorului final de recuperare ;

15 — studiul parametrilor apelor freatice la construcțiile civile și industriale ;

16 — determinarea unor caracteristici ale formațiunilor acvifere (porozitate, permeabilitate, capacitate de înmagazinare etc.) ;

17 — urmărirea proceslor de asecare a zăcămintelor : surse, interconexiuni, viteze de tranzit.

3. Metodele izotopice nu înlocuiesc ci suplinesc și extind cunoașterea obținută prin aplicarea metodelor hidrochimice și hidrogeologice clasice.

4. Utilizarea metodelor izotopice nu se poate imagina fără efectuarea în prealabil și în paralel a unui studiu hidrogeologic corespunzător.

5. Utilizarea izotopilor de mediu necesită o durată de timp de minimum 18 luni pentru caracterizarea corespunzătoare a structurii hidrogeologice investigate.

6. Durata unui studiu cu trasori radioactivi este dependentă de durata de tranzit a apelor în zona investigată și poate conduce la concluzii diferite, în funcție de perioada de investigare.

Studii hidrogeologice de genul celor descrise în prezenta lucrare s-au executat și se pot executa de către Institutul de fizică și inginerie nucleară București în colaborare strînsă cu institutele de specialitate sau întreprinderile miniere beneficiare.

## Bibliografie


[1] * * * IAEA *Radioisolopes in Hydrology*. Vienna, 1963.

[2] * * * IAEA *Isotopes in Hydrology*. Vienna, 1967.

[3] * * * IAEA *Isotopes in Hydrology*. Vienna, 1970.

[4] * * * IAEA *Nuclear techniques in Groundwater Hydrology* vol. I și vol. II. Vienna, 1974.

[5] * * * IAEA *Isotope Hydrology*.. Vienna, 1978.

[6] * * * IAEA *Interpretation of Environmental Isotope and Hydrochemical data in Groundwater Hydrology*. Vienna, 1976.

[7] * * * *Interamerican Symposium en Isotope Hydrology*. Bogota, 1980.

[8] Gaşpar, E., Orăşeanu, I., Simion, G. *Utilizarea tritiului pentru determinarea unor interconexiuni acvifere în zona Turț Băi*. St. cerc. fiz., **28**, nr. 9, 1976, p. 961—963.

[9] Dinescu, L., Geamanu, N., Gaşpar, E., Orăşeanu, I. *Etablissement à l'aide de traceurs radioactifs des conditions hydrogeologiques dans la zone minière de Hondol-Certej*. CSEN—IFA—MR—45—1976.

[10] Orăşeanu, I., Anghel, E., Gaşpar, E. *Field studies with radioactive tracers for establish the hydrogeological conditions of the Ghelar and Teliuc ore deposits*. Studii de Hidrogeologie, E, **13**, 1978, p. 43—53.

[11] Gaşpar, E., Simion, G. *Cercetări cu trasori radioactivi în carstul văii Cerna în vederea stabilirii influenţei complexului hidroenergetic Cerna-Motru-Tismana asupra zăcămîntului de ape termominerale de la băile Herculane*. Hidrotehnica, 1982.

[12] Gaşpar, E. *Proiectarea radiometrică a investigaţiilor cu trasori radioactivi în structuri hidrocarstice*. St. cerc. fiz., **32**, nr. 9, 1980, p. 949–955.

[13] Gaşpar, E., Orăşeanu, I., Pop, I. *Research Works on the Determination of the Surface Water Infiltration Zones in Underground Mining Works*. First International Mine Water Congress, Budapest, 1982.

[14] Pop, I., Gaşpar, E., Curpăn, C. *Researches Concerning the Determination of Some Mine Water Routes*. First International Mine Water Congress Budapest, 1982.

# Criterii de alegere şi de utilizare a căptuşelilor la morile cu bile şi autogene

Prof. dr. ing. **A. Magyari**
Institutul de Mine Petroşani

## I. Consideraţii generale

Suprafaţa interioară a morilor se căptuşeşte cu plăci de blindaj, din materiale rezistente la uzură. După un anumit grad de uzură, aceste plăci se înlocuiesc, operaţie care implică scoaterea din funcţiune pentru un anumit timp a morii.

Forma şi dimensiunile plăcilor de blindaj au influenţă asupra diametrului interior al morii, determină caracterul mişcării corpurilor de măcinat, înălţimea lor de cădere şi posibilitatea sau imposibilitatea alunecării acestora pe căptuşeală. Profilul plăcilor de blindaj influenţează, în mare măsură, uzura acestora şi, de asemenea, productivitatea morii, consumul specific de energie electrică şi de corpuri de măcinat. Din acest motiv trebuie să se acorde importanţa cuvenită, atît alegerii materialului, cît şi profilului plăcilor de blindaj ce formează căptuşeala morilor.

## II. Căptuşeala morilor cu bile

### 1. *Căptuşeala metalică*

La morile cu bile se utilizează o mare varietate de forme ale plăcilor de blindaj (fig. 1). În general, pentru măcinarea fină se preferă plăci de blindaj netede sau ondulate (poziţiile *1–4, 7, 9, 11* din fig. 1), care favorizează alunecarea bilelor şi deci măcinarea prin frecare. Pentru măcinare mai grobă, în mod obişnuit se folosesc plăci ondulate sau cu proeminenţe paralele cu axa morii, cum sînt cele prezentate la poziţiile *5, 6, 8, 10, 12–17*. În acest fel se împiedică alunecarea încărcăturii pe suprafaţa interioară a tamburului şi se favorizează măcinarea prin căderea bilelor.

Cu scopul măririi duratei de funcţionare a căptuşelii, s-au încercat şi căptuşeli combinate de metal şi lemn (fig. 1, *18*), executate din bare de aliaj dur Ni-Hard alternate cu lemn. După uzura parţială a lemnului, între bare se împănează bilele mici care protejează, în continuare, lemnul de uzură ulterioară. Pe măsura uzurii bilelor, ele ies din canale, locul lor fiind ocupat de bile mai mari. Lăţimea barelor de aliaj dur este de 25 mm, iar înălţimea de 85–125 mm. Între căptuşeală şi tambur se află o garnitură

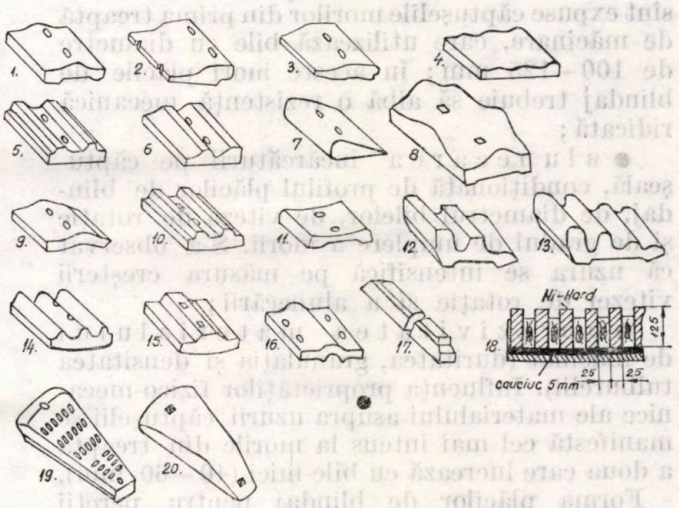



Fig. 1. Plăci de blindaj metalice pentru mori cu bile: *1–18* – pentru partea cilindrică; *19–20* – pentru părţile frontale.

de cauciuc de 5 mm grosime. Faţă de plăcile de blindaj de construcţie convenţională, la această căptuşeală uzura specifică este de 5 ori mai mică, greutatea este cu 50% mai mică, iar durata de funcţionare este dublă [2].

În afara plăcilor de blindaj prezentate în figura 1, s-au mai utilizat şine de cale ferată amplasate longitudinal faţă de axa morii, cu sau fără umplutură de beton între acestea.

Grosimea maximă a căptuşelii se adoptă în funcţie de diametrul morii. Astfel, pentru $D = 900$ mm, grosimea maximă este de 70 mm, pentru $D = 1\,200–2\,100$ mm, de 100 mm, pentru $D = 2\,700–3\,600$ mm, de 120 mm, pentru $D = 4\,000$ mm şi mai mare, de 140 mm [3].

Plăcile de blindaj se montează cu interstiții de 8—12 mm între ele, ținînd seama că în procesul de lucru ele se împănează. Interstițiile sînt decalate între ele de la un rînd de plăci la altul.

Pentru micșorarea zgomotului de funcționare, între plăcile de blindaj și tambur se intercalează o garnitură de cauciuc cu o grosime de 5—8 mm, funcție de dimensiunile morii.

Plăcile de blindaj se fixează cu șuruburi cu cap sub formă de pană. Diametrul șuruburilor de fixare a plăcilor de blindaj se alege în funcție de diametrul morii. Astfel, pentru $D$ pînă la 1 200 mm se aplică șuruburi M26—M30; pentru $D$ = 1 300—2 100 mm — M27—M29; pentru $D$ = 2 200—3 400 mm — M30—M32; pentru $D$ = 3 500—4 500 mm — M36—M44. Pentru morile cu bare diametrul șuruburilor se majorează cu 10—15% față de valorile indicate mai sus.

Asupra uzurii căptușelii influențează următorii factori:

● e n e r g i a d e l o v i r e a corpurilor de măcinat, determinată de masa lor și de înălțimea de cădere. Celor mai puternice lovituri sînt expuse căptușelile morilor din prima treaptă de măcinare, care utilizează bile cu diametre de 100—125 mm; în aceste mori plăcile de blindaj trebuie să aibă o rezistență mecanică ridicată;

● a l u n e c a r e a încărcăturii pe căptușeală, condiționată de profilul plăcilor de blindaj, de diametrul bilelor, de viteza de rotație și de gradul de umplere a morii. S-a observat că uzura se intensifică pe măsura creșterii vitezei de rotație și a alunecării;

● a b r a z i v i t a t e a m a t e r i a l u l u i de măcinat (duritatea, granulația și densitatea tulburelii). Influența proprietăților fizico-mecanice ale materialului asupra uzurii căptușelii se manifestă cel mai intens la morile din treapta a doua care lucrează cu bile mici (40—60 mm).

Forma plăcilor de blindaj pentru pereții frontali ai morilor este redată în figura 1, pozițiile *19* și *20*. Cele mai economice sînt considerate acele plăci de blindaj a părților frontale, a căror durată de funcționare este egală sau un multiplu întreg a duratei de funcționare a căptușelii părții cilindrice. În acest caz întreaga căptușeală a morii se schimbă deodată și se micșorează volumul de lucru, durata de staționare, precum și cheltuielile aferente.

Materialele utilizate pentru plăcile de blindaj trebuie să aibă o rezistență mecanică ridicată pentru a prelua loviturile corpurilor de măcinat (în special la morile din prima treaptă de măcinare) și, în același timp, o rezistență cît mai mare la uzură.

La sfărîmarea și măcinarea materialelor dure apare o uzură intensă a suprafețelor de lucru, ceea ce generează cheltuieli importante pentru înlocuirea căptușelilor. Din acest motiv, alegerea materialelor potrivite pentru căptușeală este o problemă importantă. După unele date [4], în instalațiile de preparare a substanțelor minerale utile din S.U.A. se consumă anual, prin uzură, circa 350 000 t oțel și fontă, iar în U.R.S.S. peste 1 mil. tone, din care un procent important revine procesului de măcinare.

Materialele de uzură folosite la procesele de sfărîmare-măcinare au fost împărțite în trei categorii [4] (tab. 1):

● materiale destinate pentru solicitări mari de presiune și impact, și mai puțin pentru uzura prin frecare (oțelurile manganoase austenitice);

*Tabelul 1*

| Materialul | Compoziția chimică, % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Cr | Ni | Mo |
| Oțel manganos 1 | 1,2 | 12—14 | — | — | — |
| Oțel manganos 2 | 1,2 | 17—19 | — | — | 2—3 |
| Oțel Cr-Mo, perlitic | 0,7 | 0,8 | 2 | — | 0,5 |
| Oțel Cr-Mo, martensitic | 1 | 0,7 | 6 | — | 1 |
| Oțel Cr | 1,7 | 1,5 | 1,2 | — | 1 |
| Fontă aliată cu Ni-Cr | | | | | |
| Ni-Hard 1 | 3 | 0,5 | 2 | 3—4 | — |
| Ni-Hard 4 | 3 | 0,5 | 8—9 | 5—6 | — |

● materiale destinate pentru uzură intensă prin frecare în prezența unor solicitări moderate de presiune și impact (oțeluri martensitice aliate cu Cr, Mn, Ni, Mo, V);

● materiale destinate pentru uzură foarte intensă prin frecare (fontă martensitică aliată cu Ni, Cr, denumită Ni-Hard).

Oțelurile manganoase în stare inițială nu sînt dure, suprafața de lucru însă, sub acțiunea solicitărilor mecanice, se durifică treptat. Ele se utilizează cu precădere la plăcile de blindaj ale concasoarelor cu fălci și conice.

Pot fi utilizate totodată pentru piesele de impact ale concasoarelor cu impact pentru sfărîmarea materialului grob și mijlociu. P e n t r u c ă p t u ș e a l a m o r i l o r ș i p e n t r u c o r p u r i d e m ă c i n a t a c e s t e o ț e l u r i n u s e r e c o m a n d ă [4].

Alierea oțelurilor martensitice, în special cu crom, care este relativ ieftin, urmărește obținerea unei durități pe cît posibil constante pe o adîncime cît mai mare. Constituentul structural caracteristic al acestor oțeluri este martensita, care se prezintă sub forma unor microcristale foarte dure; se recomandă pentru corpuri de măcinat, pentru căptușelile morilor și pot fi utilizate și la concasoarele cu impact.

Fonta albă cu structură martensitic-carbidică posedă o rezistență deosebită față de uzura prin frecare. Înainte de toate, trebuie amintită

aici fonta specială denumită Ni-Hard. În contrast cu oţelurile martensitice, la Ni-Hard, din cauza unui conţinut mai ridicat de carbon pe lîngă martensită, constituentul structural principal rezistent la uzură este carbura de fier. Ni-Hard-1 (tab. 1) se recomandă pentru cazurile unde predomină uzura prin frecare şi mai puţin la solicitarea prin impact, pe cînd Ni-Hard-4 posedă o rezistenţă mai mare la lovituri. Aliajele Ni-Hard, deşi au apărut relativ recent, sînt utilizate frecvent pentru căptuşeli şi corpuri de măcinat la morile de diferite tipuri.

2. *Căptuşeala de cauciuc*

Datorită unor avantaje importante în comparaţie cu oţelul, folosirea cauciucului pentru căptuşirea morilor capătă o răspîndire din ce în ce mai mare. Experienţa firmelor suedeze SKEGA şi TRELLE BORG arată că la o moară costul căptuşelii de cauciuc, în medie, este de 2,5 ori mai redus decît al căptuşelii de oţel. Durata înlocuirii căptuşelii de cauciuc este, de asemenea, simţitor mai redusă (cca. 35% din durata înlocuirii căptuşelii metalice) şi, în consecinţă, şi timpul de oprire a morii scade simţitor faţă de căptuşeala de oţel.

Cauciucul, avînd o densitate de 6 ori mai redusă decît oţelul, uşurează mult manipularea elementelor de căptuşeală şi reduce nu numai timpul necesar înlocuirii, dar şi greutatea morii şi, în consecinţă, puterea de acţionare. Greutatea căptuşelii de cauciuc poate ajunge cu 80% mai mică decît a căptuşelii metalice la aceeaşi moară, ceea ce dă naştere unor forţe mici în lagăre şi creează posibilitatea utilizării unor construcţii mai ieftine.

Datorită atenuării simţitoare a zgomotului de funcţionare, căptuşeala de cauciuc îmbunătăţeşte condiţiile de lucru pentru personalul de deservire. În acelaşi timp, cauciucul prezintă riscuri mai mici de înfundare a grătarelor şi diafragmelor la morile cu cameră de evacuare.

Costul comparativ al uzurii căptuşelii de cauciuc şi de oţel, în funcţie de dimensiunile bilelor (fig. 2) la aceeaşi viteză de rotaţie a

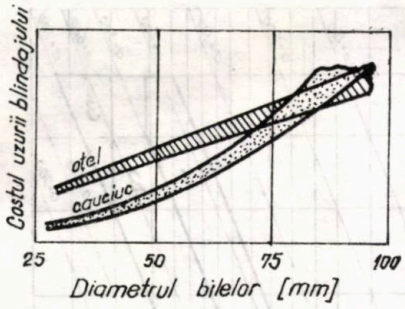



Fig. 2. Dependenţa costului uzurii de diametrul bilelor.

morii, este favorabil căptuşelilor de cauciuc [5] pînă la o valoare de circa 85 mm a diametrului bilelor, peste care căptuşelile metalice sînt mai avantajoase. Evident, această limită mai depinde şi de alţi factori. Diametrul morii nu limitează utilizarea căptuşelii de cauciuc, decît în corelaţie cu turaţia, deoarece creşte energia de cădere a bilelor.

În general, uzura căptuşelii este direct proporţională cu patratul vitezei de rotaţie. Cu toate că s-au obţinut rezultate bune cu căptuşeli de cauciuc şi la viteze relative în jurul a 90%, nu se recomandă utilizarea acestora peste 82%.

S-a observat că la viteze de impact a corpurilor de măcinat sau a bucăţilor de material în interiorul morii de peste 6 m/s, uzura căptuşelii de cauciuc creşte foarte repede pentru duritatea curent utilizată a acestuia (60 unităţi Shore). Această viteză este considerată ca viteză limită, atît pentru uzura prin impact, cît şi prin abraziune a cauciucului. Dacă bilele în cădere depăşesc această viteză critică, cauciucul nu mai are suficient timp pentru a ceda şi pentru a absorbi energia, comportîndu-se ca un corp rigid. Uzura este însă, în mare măsură, influenţată şi de calitatea cauciucului.

Căptuşelile de cauciuc rezistă la majoritatea chimicalelor, cu excepţia uleiurilor minerale în cantităţi peste 0,5—1‰ (din masa materialului). Totuşi, nu se recomandă a se utiliza în medii puternic acide sau puternic bazice (cu pH > 10 sau cu pH < 4), precum şi la temperaturi ale tulburelilor peste 75°C.

Primele forme de profile pentru tamburii morilor cu bile, produse de firma SKEGA, au fost de tipul *F*, apoi de tipul *K* (fig. 3). Tipul *K* este asimetric şi permite utilizarea unei plăci intermediare mai subţiri. Ridicîndu-se problema interschimbabilităţii barelor de tip *F* şi *K*, a fost creat tipul *B*, care este de fapt tipul *F* asimetric. Tipul *S* se recomandă cu precădere pentru mori cu bare.

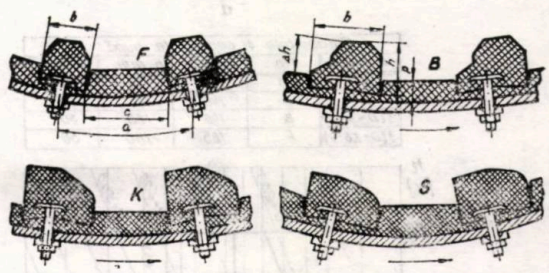



Fig. 3. Tipuri de căptuşeli de cauciuc ale firmei SKEGA

Detalii referitoare la montarea elementelor de căptuşeală de cauciuc pe părţile cilindrice şi frontale ale morilor sînt prezentate în figura 4.

Studiind modul de comportare a diferitelor tipuri de profile în cele mai diferite condiţii de lucru la cîteva sute de mori echipate cu căptuşeală de cauciuc, firma SKEGA a stabilit o serie de nomograme (fig. 5), care permit alegerea tipului şi dimensiunilor elementelor de căptuşeală, atît pentru partea cilindrică,

cît şi pentru partea frontală, în funcţie de diferite criterii de prioritate: capacitate maximă de prelucrare a morii, durată maximă a căptuşelii, durată şi capacitate relativ mari. Nomogramele prezentate sînt valabile pentru mori alimentate cu material mărunt ($d_m \leqslant 4$ mm), cu viteze relative între 55 şi 80%, diametrul interior al morii pînă la 4 m.

Domeniile *1*, *2* şi *3* de pe nomograme s-au delimitat în funcţie de perechile de valori compatibile ale vitezei relative şi ale pasului periferic *a* (fig. 3) de montare a barelor de ridicare (liftere).

Exemplu de utilizare: se consideră o moară cu bile cu $D \times L = 3{,}5 \times 4{,}5$ m; turaţia de 17 rot/min (75% din cea critică), numărul rîndurilor de găuri pe tambur 28 (corespunzînd pasului $a = 400$ mm).

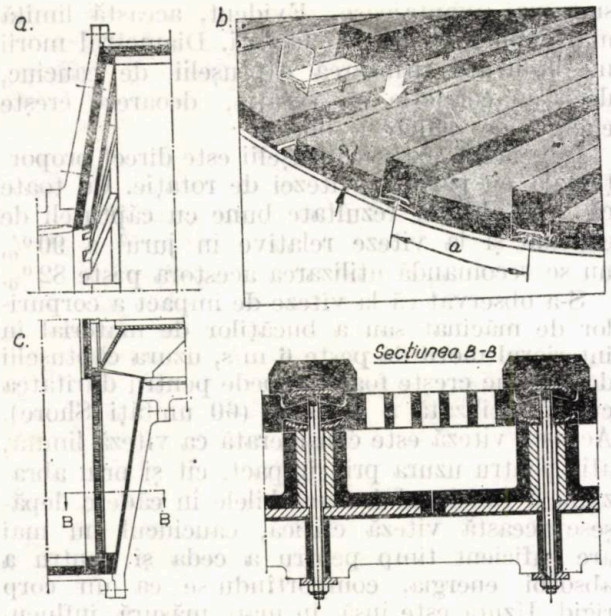
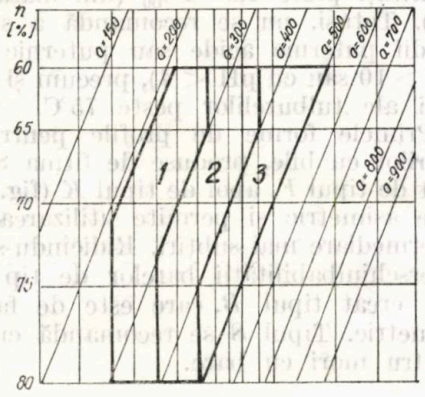


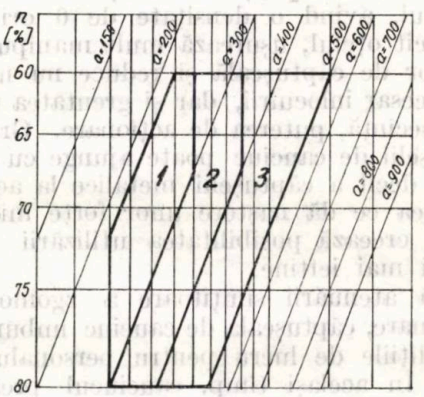

Fig. 4. Detalii constructive şi de montaj la căptuşeala de cauciuc:
*a* — partea de alimentare; *b* — partea cilindrică; *c* — partea de evacuare

| Capacitate maximă | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Domeniu | Tip | b, mm | h, mm | p, mm |
| 1 | K | 140 | 110 | 30 |
| 2 | K | 140 | 125 | 30 |
| 3 | K | 140 | 150 | 40 |



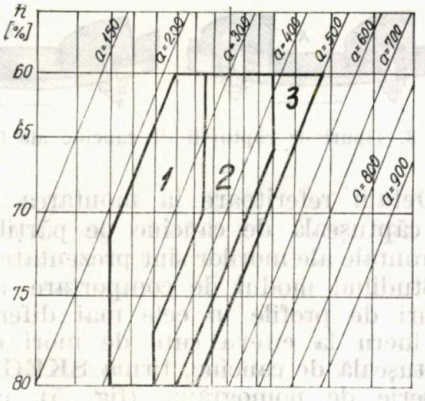

*a*

| Durabilitate maximă | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Domeniu | Tip | b, mm | h, mm | p, mm |
| 1 | B | 140 | 110 | 40 |
| 2 | B | 140 | 135 | 40 |
| 3(D=3-3,6) | B | 140 | 160 | 50 |
| 3(D=3,6-4) | F | 165 | 160 | 50 |



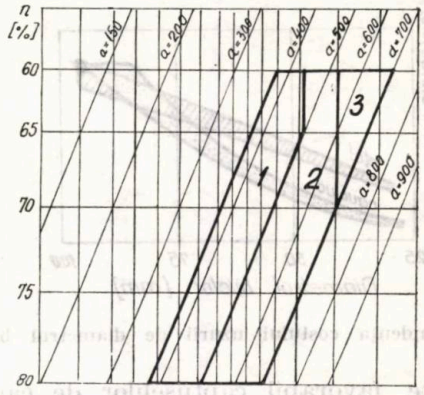

*b*

| Durabilitate şi capacitate bună | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Domeniu | Tip | b, mm | h, mm | p, mm |
| 1 | B | 140 | 110 | 30 |
| 2 | B | 140 | 135 | 40 |
| 3(D=3-3,6) | B | 140 | 160 | 50 |
| 3(D=3,6-4) | F | 165 | 160 | 50 |




*c*

| Căptuşeala părţilor frontale: L > 2,5 m | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Domeniu | Capac | | | | Grătar evacuare | | | |
| | Tip | b, mm | h, mm | p, mm | Tip | b, mm | h, mm | p, mm |
| 1 | F | 100 | 110 | 50 | F | 100 | 110 | 54 |
| 2 | F | 100 | 135 | 50 | F | 100 | 135 | 54 |
| 3 | F | 100 | 160 | 60 | F | 140 | 135 | 90 |




*d*

Fig. 5. Nomograme pentru determinarea tipului şi dimensiunilor căptuşelii de cauciuc în funcţie de diferite criterii (SKEGA)
*a* — pasul periferic; *b* — lăţimea lifterului; *h* — înălţimea lifterului; *p* — grosimea plăcii de cauciuc în liftere.

Criteriul „capacitate maximă"; pe diagrama corespunzătoare din figura 5 pentru $a = 400$ mm și viteza relativă 75% corespunde domeniul *2*. Pentru acest domeniu, tabelul recomandă pentru partea cilindrică căptușeala tip *K* (fig. 3) cu lățimea lifterelor $b = 140$ mm, înălțimea lifterelor $h = 125$ mm, iar grosimea plăcii de cauciuc între liftere $p = 30$ mm. Pentru părțile frontale, nomograma corespunzătoare indică domeniul 1 cu tipul de căptușeală *F* cu dimensiunile $b = 100$ mm, $h = 110$ mm, $p = 50$ mm pentru partea frontală la capătul de alimentare și $b = 100$ mm, $h = 110$ mm, $p = 54$ mm pentru grătarul de evacuare.

Pentru criteriile „durabilitate maximă" și „durabilitate și capacitate bună" se procedează în mod similar pe nomogramele corespunzătoare, găsind domeniile *3*, respectiv *2* cu dimensiunile căptușelii indicate în tabelele aferente.

Pentru morile cu bile din diferite trepte de măcinare, în funcție de diametrul morii și al bilelor, dimensiunile căptușelii de cauciuc se determină conform celor prezentate în tabelul 2 [3].

Lățimea *c* a plăcii de cauciuc între liftere (fig. 3) se determină cu ajutorul nomogramei din figura 6.

Exemplu de utilizare: se consideră moara cu bile cu $D \times L = 3 \times 4$ m din prima treaptă de măcinare; diametrul mediu al bilelor 70 mm; turația 75% din cea critică; granulația materialului din alimentare —15 mm.

*Tabelul 2*

| Categoria morilor cu bile | Diametrul, m | Dimensiunile plăcilor și lifterelor, mm | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | simbol | tambur | capac | grătar |
| Mori cu bile din prima treaptă de măcinare. Viteza de rotație 74% din cea critică. Diametrul bilelor 90—125 mm. | <2 | *p* | 50 | 50 | 54 |
| | | *b* | 165 | 100 | 100 |
| | | *h* | 110 | 110 | 110 |
| | 2—3,5 | *p* | 65 | 60 | 90 |
| | | *b* | 165 | 165 | 140 |
| | | *h* | 135 ;160 | 135 ;160 | 135 ;160 |
| Mori cu bile din treapta a doua de măcinare. Viteza de rotație 80% din cea critică. Diametrul bilelor 50—80 mm. | <2,5 | *p* | 50 | 50 | 54 |
| | | *b* | 165 | 100 | 100 |
| | | *h* | 110 | 110 ;135 | 210 ;135 |
| | 2,5—4 | *p* | 65 | 60 | 54 |
| | | *b* | 165 | 100 | 100 |
| | | *h* | 110 ;135 | 135 | 135 |
| | 4—6 | *p* | 65 | 60 | 90 |
| | | *b* | 165 | 165 | 140 |
| | | *h* | 135 ;160 | 160 | 160 |
| Mori cu bile din treptele II și III de măcinare. Viteza de rotație 80% din cea critică. Diametrul bilelor pînă la 50 mm. | <1,4 | *p* | 40 | 40 | 40 |
| | | *b* | 70 | 70 | 70 |
| | | *h* | 95 ;80 | 95 ; 80 | 95 |
| | 1,4—4 | *p* | 50 | 50 | 54 |
| | | *b* | 100 | 100 | 100 |
| | | *h* | 110 | 110 | 110 |
| | 4—6 | *p* | 50 | 60 | 54 |
| | | *b* | 140 | 100 | 100 |
| | | *h* | 135 | 135 | 135 |

În tabelul 2, la diametrul de 2,5—4 m a morii se indică pentru tambur $p = 65$ mm, $b = 165$ mm, $h = 110$ sau 135 mm. $\Delta h = h - p = 110 - 65 = 45$ mm, pentru care pe nomograma din figura 6 corespunde $c =$

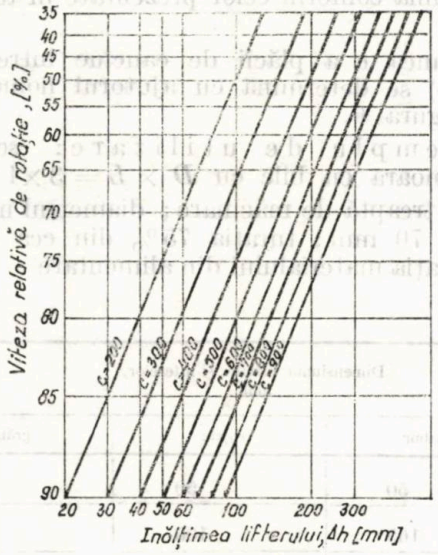



Fig. 6. Nomogramă pentru determinarea lățimii plăcii dintre liftere.

$= 190$ mm. Pentru varianta a doua, $\Delta h = 135 - 65 = 70$ mm, ceea ce, conform nomogramei, corespunde la o lățime a plăcii de $c = 290$ mm. Atît pentru prima, cît și pentru cea de-a doua variantă, dimensiunile căptușelii pe capacele frontale ale morii sînt: la partea de alimentare $p = 60$ mm, $b = 100$ mm, $h = 135$ mm; la partea de evacuare $p = 54$ mm, $b = 100$ mm, $h = 135$ mm.

În general, la viteze ale morii peste 73—75% din cea critică, se recomandă adoptarea unor liftere de înălțime mai mică.

Folosirea lifterelor asimetrice (tipurile *K* și *B*) permite utilizarea unor plăci intermediare mai subțiri.

Lifterele asimetrice pot fi utilizate pînă la uzură totală, fără să fie întoarse. Astfel se reduce numărul întreruperilor în funcționare datorate schimbării căptușelii.

## III. Căptușeala morilor autogene, semiautogene și cu galeți

La alegerea căptușelii morilor autogene și semiautogene se ține seama de aceleași considerații tehnice ca și în cazul morilor cu bile.

Datorită diametrelor mari utilizate, căptușelile acestora trebuie să satisfacă cerințe de ordin funcțional mai severe decît în cazul morilor cu bile sau cu bare. Elementele componente ale căptușelii trebuie să aibă forme geometrice, dimensiuni și poziții relative, de așa natură încît să se asigure ridicarea bulgărilor de minereu la o înălțime optimă pentru a avea efectul dorit de sfărîmare, să se excludă fenomenul de răsucire a lifterelor și, evident, un grad înalt de siguranță în funcționare, precum și durată de serviciu cît mai mare.

Caracteristic pentru aceste căptușeli este faptul că pe partea cilindrică barele joase se alternează cu bare înalte (liftere), care realizează de fapt ridicarea bulgărilor în timpul rotirii morii. Căptușelile de cauciuc se utilizează cu succes și în cazul morilor autogene.

În figura 7 este prezentată căptușeala de cauciuc a unei mori autogene în cascade. Barele

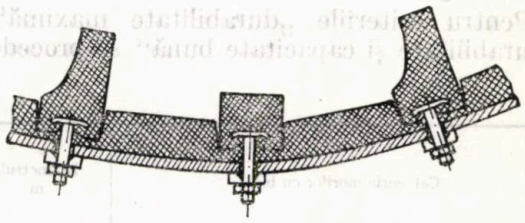


Fig. 7. Căptușeală de cauciuc a morilor autogene.

înalte pot atinge înălțimea de 400 mm. Raportul între înălțimea barelor înalte și joase este în așa fel ales încît, atunci cînd barele înalte s-au uzat pînă la nivelul celor joase, iar cele joase s-au uzat în întregime, se schimbă numai barele joase cu bare înalte, barele rămase preluînd rolul barelor joase. Căptușirea cu cauciuc a grătarelor de evacuare preîntîmpină înfundarea acestora. Dezavantajul acestor căptușeli îl constituie faptul că, avînd dimensiuni mai mari decît cele de oțel, căptușelile de cauciuc reduc într-o oarecare măsură volumul util al morii.

În tabelul 3 sînt prezentate dimensiunile recomandate ale căptușelii de cauciuc pentru morile autogene și cu galeți în funcție de condițiile de lucru.

## IV. Experiența utilizării în țară a căptușelilor de cauciuc

În țara noastră primele lucrări în scopul înlocuirii căptușelilor metalice au fost întreprinse în cadrul exploatărilor miniere Săsar și Aghireș încă din 1977 la morile cu bile Ø 2 400 × ×3 000 mm. Concluziile comparative sînt favorabile căptușelii de cauciuc, atît din punctul de vedere al economiei de metal (14,76 t pentru o moară), cît și din punctul de vedere al consumului de energie (cu cca 5% mai redus), precum și în privința manoperei pentru schimbarea căptușelii (cu cca 50% mai redusă) și a reducerii zgomotului de funcționare (cu cca 8%).

La morile cu bile Ø 2 700 × 3 000 — cele mai răspîndite în uzinele de preparare din țara noastră — problema înlocuirii căptușelii de oțel cu căptușeală de cauciuc s-a dovedit mai com-

*Tabelul 3*

| Categoria morilor autogene și cu galeți | Diametrul, m | Dimensiunile plăcilor și lifterelor, mm | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | simbol | tambur | capac | grătar |
| Mori autogene și cu galeți. Viteza de rotație 80 % din cea critică. Diametrul galeților de minimum 80—350 mm. | 2,5—3,5 | *p* | 65 | 60 | 90 |
| | | *b* | 140 | 140 | 140 |
| | | *h* | 135 ;160 | 160 ;135 | 135 ;160 |
| | 3,5—5 | *p* | 80 | 80 | 90 |
| | | *b* | 140 | 140 | 140 |
| | | *h* | 160 ;210 | 160 ;210 | 140 ;210 |
| Mori cu galeți din treapta a doua de măcinare. Viteza de rotație 82 % din cea critică. Diametrul galeților de minereu pînă la 80 mm. | 1,8—3 | *p* | 50 | 50 | 54 |
| | | *b* | 100 | 100 | 100 |
| | | *h* | 110 ;135 | 110 ;135 | 110 ;135 |
| | 3—5 | *p* | 50 ; 60 | 50 ; 60 | 54 |
| | | *b* | 100 | 100 | 100 |
| | | *h* | 135 ;160 | 160 ;135 | 135 ;160 |
| | 5—7,5 | *p* | 65 ; 80 | 60 ; 80 | 54 ; 90 |
| | | *b* | 140 | 140 | 140 |
| | | *h* | 160 ;210 | 160 ;210 | 160 ;210 |

plexă, datorită faptului că majoritatea acestor mori funcționează în prima treaptă de măcinare, în condiții grele. Din cauza granulației mari a minereului din alimentare (25—30 mm și chiar mai mare), ele funcționează cu bile de 120 mm diametru, iar viteza relativă, în majoritatea cazurilor, este de 84 % din cea critică, viteză prea mare pentru căptușeli de cauciuc.

Pentru aceste mori au fost elaborate două variante de căptușeli:

— plăci de blindaj de cauciuc și liftere din oțel manganos pentru morile ce funcționează în condiții grele;

— plăci de blindaj și liftere din cauciuc pentru morile ce funcționează cu bile mai mici și cu viteze mai reduse. În comparație cu căptușeala metalică din oțel manganos, la prima variantă s-a înregistrat o scădere a masei căptușelii cu 31 % și a costului acesteia cu 22,5 %, iar în cazul celei de-a doua variante, de 37 %, respectiv de 22,5 %. Varianta a doua s-a dovedit mai eficientă în comparație cu prima. Din cauza înălțimii mari a lifterelor, plăcile intermediare sînt bine protejate, ceea ce face ca ele să poată fi utilizate la două pînă la trei seturi de liftere, reducînd simțitor costurile de înlocuire.

S-a mai constatat faptul că în condiții grele de măcinare (bile de 120 mm, viteză relativă 84 %), căptușeala de cauciuc a avut o durabilitate de patru ori mai mică decît căptușeala de oțel manganos, ceea ce demonstrează eficiența redusă a căptușelilor de cauciuc în condiții grele. La obținerea acestui rezultat negativ a contribuit și calitatea necorespunzătoare a cauciucului utilizat.

În ceea ce privește morile autogene, dintre tipodimensiunile realizate pînă ln prezent în țară interesează, în principal, tipurile Ø 6 000 × × 1 800 mm, ca moară primară, și Ø 4 000 × × 3 000 mm, ca moară secundară. Durata de serviciu redusă a pieselor căptușelii metalice utilizate, în special a lifterelor, a generat opriri pentru înlocuirea elementelor uzate sau accidentale, reprezentînd pînă la 8 % din timpul de funcționare și un consum specific de oțel de 500 g/t.

Din experiența Centralei minereurilor Baia Mare, în urma înlocuirii cu căptușeală de cauciuc a celei metalice la tipurile de mori autogene menționate, au rezultat următoarele:

— creșterea indicelui de funcționare de la 80 la 95 %;

— scăderea consumului de energie;

— diminuarea cu circa 10 dB a zgomotului de funcționare;

— scăderea cu circa 16 % a capacității de prelucrare din cauza micșorării volumului util a morilor;

— scăderea importantă a cheltuielilor anuale legate de căptușeală.

## Concluzii

● Ținînd seama de faptul că traiectoria corpurilor de măcinat și, implicit, fenomenul de măcinare, consumul specific de energie și de metal, siguranța în funcționare, precum și coeficientul de utilizare în timp a morilor cu bile, cu bare, autogene și cu galeți sînt influențați, în mare măsură, de căptușeala interioară, alegerea formei, dimensiunilor și materialului acesteia trebuie să se facă cu deosebită atenție, potrivit condițiilor de lucru (granulația și abrazivitatea materialului, mărimea corpurilor de măcinat, viteza de rotație etc.).

● În cazul utilizării căptușelii metalice, intercalarea unei garnituri de cauciuc între plăcile de blindaj și tambur este recomandată în scopul micșorării zgomotului de funcționare.

● Deși se utilizează la noi în țară pe scară relativ largă, oțelurile manganoase nu sînt recomandate pentru plăci de blindaj la morile cu bile, ele neputînd concura cu aliajul Ni-Hard, folosit pe scară din ce în ce mai mare în pratica mondială.

● Datorită numeroaselor avantaje, utilizarea căptușelilor de cauciuc în locul celor metalice la morile cu bile și autogene este rațională, dacă cauciucul utilizat corespunde din punctul de vedere al calității ceruțe (nu se recomandă folosirea cauciucului utilizat la pneurile autovehiculelor).

● Utilizarea căptușelilor de cauciuc la morile cu bile este limitată pînă la diametrul de 85 mm al bilelor, peste care căptușelile metalice sînt mai avantajoase.

● Nu se recomandă utilizarea căptușelilor combinate de metal și de cauciuc datorită comportării diferite a elementelor componente.

● Micșorarea volumului util al morilor, prin utilizarea căptușelilor de cauciuc în comparație cu cele metalice, este compensată prin reducerea puterii de acționare și a maselor în mișcare, prin durata și siguranța mărită în funcționare, prin zgomotul de funcționare atenuat și prin cheltuieli specifice de exploatare mai reduse.

### Bibliografie


[1] Magyari, A. *Utilaje de preparare a substanțelor minerale utile*. Ed. tehnică, București, 1982 (În curs de apariție).

[2] Runolinna, U. *Eine aulogene Kugelmühlenpanzerung*. Aufbereitungstechnik, nr. 12, 1963.

[3] Doncenko, A. S., Doncenko, V. A. *Spravocinik mehanika rudoobogatitelnoi fabriki*. Moskva, 1975.

[4] Schubert, H. *Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe*. Band I, Leipzig, 1975.

[5] Andren, T. *Gummipanzerungen in Mühlen*. Aufbereitungstechnik, nr. 10, 1974.


# Unele aspecte legate de transpunerea la scară mai mare a parametrilor procesului la leșiere bacteriană*


Dr. ing. **P. Ilie**, biol. **V. Oros**, ing. **M. Peterfi**
I.C.P.M.N. Baia Mare


## I. Generalități

Metoda extragerii directe a metalului din minereurile greu preparabile sărace sau oxidate, prin solubilizare bacteriană, asigură un grad de recuperare acceptabil, într-un timp relativ scurt și cu cheltuieli mai reduse.

În vederea studiului predispoziției minereurilor sărace la această metodă, se fac testări pe loturi mai mici de minereu, în laborator, rezultatele testărilor dînd indicii asupra posibilității de extracție prin acest procedeu. Datele astfel obținute nu permit însă, aprecierea unor factori importanți pentru aplicare. În acest sens, este deci nevoie de continuarea testărilor pe loturi mai mari de minereu, de ordinul zecilor de tone.

Din această fază de testări se pot determina o serie de factori ca : extracția finală, durata atingerii acestei extracții, extracția medie zilnică, durata unui ciclu, durata necesară regenerării soluției ș.a.

Întrucît aceste date depind, în principal, de compoziția granulară a minereului și de cantitatea de minereu, ele nu sînt suficiente, iar pentru obținerea unor date primare de proiectare pentru instalația industrială, apare necesitatea testărilor pe scară semiindustrială.

Odată cu apariția necesității realizării instalației semiindustriale, s-a pus problema găsirii unei metodologii de transpunere a datelor din faza pilot la scară mai mare. Totodată, metodologia pusă la punct ar putea, ca pentru unele tipuri de minereu, să evite faza semiindustrială, ducînd la economii importante și la trecerea mai rapidă a realizării instalației industriale.

Fiind o metodă de extracție în curs de experimentare, omologarea ei se va putea face numai după realizarea stației semiindustriale.

În cele ce urmează, redăm modul de analiză și elaborare a unei metodologii de transpunere

* Se supune discuției

de la scară pilot, la scară semiindustrială, metodologie ce ar urma să fie experimentată.

## II. Aspecte teoretice privind stabilirea relațiilor de transpunere

În vederea înțelegerii mai profunde a fundamentării datelor de proiectare, se pleacă de la elementele de bază ale procesului de levigare.

Procesul de dizolvare bacteriană a minereurilor neferoase poate fi considerat ca o reacție eterogenă, ce se desfășoară în domeniul difuziunii [4].

În aceste condiții, cinetic, procesul este descris de ecuația lui Nernst:

$$V = \frac{D}{\rho} F(c_1 - c_2) \qquad (1)$$

în care:

$V$ este viteza de dizolvare;
$D$ — coeficientul de difuziune;
$\rho$ — rezistența totală;
$F$ — suprafața totală;
$c_1$ — concentrația de saturație;
$c_2$ — concentrația momentană.

Dacă se consideră $\frac{D}{\rho} F$ o constantă, notată cu $K$, putem scrie:

$$V = K(c_1 - c_2) = K \cdot \Delta c \qquad (2)$$

Întrucît viteza se exprimă ca variație a concentrației în timp, putem scrie:

$$V = \frac{dc}{dt} \qquad (3)$$

Datele experimentale privind mecanismul solubilizării bacteriene a minereurilor atestă rolul biocatalitic al microorganismelor în procesul de oxidare a ionilor de $Fe^2$ și cu formarea de ioni $Fe^{3+}$ și $SO_4^{2-}$, determinînd astfel un mediu oxidant acid ce atacă substratul.

Indiferent de particularitățile care caracterizează solubilizarea diferitelor sulfuri, se pare că prima etapă de oxidare a sulfurilor se face prin transferul de electroni de la $S^{2-}$ la $Fe^{3+}$, cu formarea de $S^\circ$.

În aceste condiții, viteza de dizolvare va depinde de concentrația superficială a componentului util la interfața solid-lichid, cantitatea de lichid, respectiv concentrația în agent oxidant, și practic nu este influențată de difuzia ionilor în interiorul fazei solide. Deci, în această fază inițială, în cazul unei extinderi a procesului de la încercări de laborator la încercări pilot sau de la încercări pilot la cele semiindustriale sau industriale, pentru a menține aceeași viteză de solubilizare, trebuie să menținem constant factorul $K$.

Pe baza considerațiilor de mai sus, condiția de constanță se poate exprima astfel:

$$\frac{Q_p}{F_p} = \frac{q_l}{f_l} \qquad (4)$$

în care:

$Q_p$ este cantitatea de soluție folosită în faza pilot;
$F_p$ — suprafața totală a minereului folosit în faza pilot;
$q_l$ — cantitatea totală de soluție folosită în laborator;
$f_l$ — suprafața totală a minereului folosit în laborator.

Trebuie menționat faptul că aceste considerații sînt valabile pentru perioada inițială a procesului, ca relații ce exprimă direct valorile absolute ale procesului de dizolvare.

În etapele următoare, procesul de dizolvare este mult mai complex și exprimarea vitezei de dizolvare ține seama de variația și a altor componenți ai procesului. În condițiile în care simularea procesului este cît mai fidelă și experimentul este îndelungat, este convenabil ca în limitele unor considerații să exprimăm viteza de solubilizare în cazul unei extinderi pe același material, în funcție de un singur parametru care să exprime sintetic cinetica procesului de solubilizare.

În vederea exprimării vitezei de îmbogățire a soluției, funcție de un parametru, ne-am orientat la metalul repartizat pe suprafața materialului.

## III. Determinarea concentrației superficiale de metal util

La determinarea concentrației superficiale de metal, se admite arbitrar că substanța minerală utilă este uniform repartizată în masa de minereu.

Considerăm volumul stratului superficial de grosimea medie a mineralului util $a$ pentru un sort de granulozitate cu diametrul mediu $d$.

Concentrația de metal superficial pe o granulă se poate exprima prin următoarea relație:

$$q'_m = Gad^2\gamma \frac{c}{100} \text{ (unități de greutate)} \qquad (5)$$

Pentru întreaga cantitate a sortului $i$ se poate scrie:

$$Q'_{M(i)} = \frac{Ga}{d(i)} G_T \cdot \frac{c}{100} \text{ (unități de greutate)} \qquad (6)$$

în care:

$Q'_{M(i)}$ este greutatea metalului superficial din sortul $i$ (unități de greutate);

$a$ — dimensiunea medie a granulelor de mineral stabilită în urma analizei mineralogice, cm;

$d(i)$ — diametrul clasei de granulație $i$, cm;

$G$ — cantitatea totală de minereu din clasa de granulație $i$ (unități de greutate);

$c$ — conținutul mediu de metal util, %.

Relația pentru întreaga cantitate devine:

$$Q'_M = GaG_T \frac{c}{100^2} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i} x_i \text{ (unități de greutate)}; \quad (7)$$

în care:

$Q'_M$ este cantitatea totală de metal superficial;

$a$, $G_T$, $c$ — au aceeași semnificație ca în relația (6);

$d_i$ — dimensiunea medie a granulelor din sortul $i$, cm;

$x_i$ — procentul din sortul $i$, %.

În cazul de față particulele s-au asimilat cu niște cuburi, dar făcîndu-se compararea raportului dintre suprafață și volum pentru cub și sferă, rezultă o relație finală identică.

La calculul metalului superficial s-a plecat deci de la considerentul clasic, respectiv s-a considerat cantitatea de minereu din stratul superficial și s-a exprimat metalul din acest strat [4].

## IV. Determinarea vitezei de îmbogățire funcție de concentrația superficială de metal util și cantitatea de soluție

Întrucît viteza de îmbogățire o exprimăm prin variația concentrației în unitatea de timp, interpretarea datelor privind cinetica solubilizării în diferite momente este mai intensivă și oferă concluzii importante privind tehnologia procesului prin raportarea ei la concentrația superficială de metal util. Astfel, putem aprecia aproximativ evoluția calitativă și cantitativă a procesului de dizolvare începînd cu partea superficială a bulgărilor de minereu spre profunzimea lor.

Deci, exprimînd viteza de îmbogățire, funcție de concentrația de metale utile, atunci condiția ca viteza de îmbogățire din testările de laborator să fie egală cu cea din pilot sau cea din pilot egală cu cea din natură:

$$\frac{q_l}{q'_m} = \frac{Q_L}{Q'_M} = K \quad (8)$$

în care:

$q_l$ este cantitatea de soluție utilizată în laborator sau folosind indicele $p$ în faza pilot respectiv;

$Q_L$ — cantitatea de soluție necesară în aplicația practică;

$q'_m$ — concentrația superficială de metal din faza laborator sau pilot respectiv;

$Q'_m$ — concentrația superficială din minereul în aplicația practică.

Considerăm, bineînțeles, că parametrii fizico-chimici ai celor două soluții sînt identici.

Elementul necunoscut $Q_L$ se poate exprima din relația de mai sus și este:

$$Q_L = q_l \cdot \frac{Q'_m}{q'_m}, \text{ m}^3 \text{ sau l} \quad (9)$$

Cantitatea de soluție care rezultă astfel este cantitatea totală necesară asigurării aceleeași viteze de îmbogățire, ca în faza anterioară, față de care se face transpunerea. Dar, pentru cazurile din practică, această cantitate ajunge de ordinul miilor de metri cubi, cantitate care nu se poate vehicula tehnologic. Totodată, folosind această cantitatea ar rezulta o extracție medie zilnică slabă, ducînd la durate foarte mari de recuperare. De asemenea, această cantitate, raportată la masa de solid dată în practică, dă un raport solid-lichid foarte mic, iar din literatura de specialitate aceste valori sînt mult mai mari.

Pentru limitele practice amintite, putem scrie că:

$$V = \frac{v}{\frac{Q_{Lp}}{Q_L}} = v \frac{Q_L}{Q_{Lp}} \quad (10)$$

de unde, dacă-l înlocuim pe $Q_L$, vom obține:

$$V = v \frac{q_l}{Q_{Lp}} \frac{Q'_m}{q'_m} \quad (11)$$

în care:

$V$ este viteza de îmbogățire la care ne putem aștepta folosind $Q_{Lp}$, g/l/zi;

$v$ — viteza de îmbogățire rezultată din faza anterioară, g/l/zi;

$Q_{Lp}$ — cantitatea folosită în practică, m³.

Relația de mai sus ține seamă de cantitatea de lichid, însă dacă se are în vedere faptul că, în natură, la aplicația practică, avem o cantitate de material foarte mare, trebuie inclus în relație un factor $x$, care reprezintă procentul din zona aplicației, care este supus leșierii.

Dar acest procent, pentru asigurarea aceleeași extracții zilnice, care după cum am mai arătat trebuie să fie constantă, va fi exprimat în funcție de raportul solid-lichid, notat cu $r$

$$x = \frac{r \cdot Q_L \cdot 100}{G_T}, \text{ \%} \quad (12)$$

Înlocuind în relaţia vitezei de îmbogăţire şi totodată scriind expresia metalului superficial sub formă explicită, rezultă relaţia de mai jos:

$$V = Gvra \frac{q_L}{Q'_m} \frac{c}{100^2} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i} x_i, \text{ g/l/zi} \quad (13)$$

Din această relaţie se poate vedea că variaţia vitezei de îmbogăţire nu depinde direct de cantitatea de lichid folosită, ci numai prin intermediul raportului solid-lichid, considerat.

Deci, pentru a avea o corelare cu viteza medie de îmbogăţire, cantităţile de lichid se vor exprima din relaţia:

$$Q_L = \frac{G_T}{r}, \text{ m}^3\text{/zi} \quad (14)$$

Notaţiile din această relaţie sînt cele din relaţiile (7), (9), (12).

Prezentăm în continuare calculul de transpunere pentru o staţie semiindustrială de leşiere pe un lot de minereu de circa 50 000 t.

*Tabelul 1*

| Specificaţie | Cantităţi |
|---|---|
| Cantitatea de minereu, t | 15 |
| Conţinutul în metal util, % | 0,21 |
| Volumul total al soluţiei folosite, m³ | 10,7 |
| Raportul solid-lichid folosit | 1,4 : 1 |
| Durata totală de leşiere, zile | 319 |
| Viteza medie zilnică de îmbogăţire, g/l/zi | 0,0063 |
| Randamentul final de extracţie, % | 65 |
| Dimensiunea medie a particulei de mineral, cm | 0,007 |

1. Prezentarea datelor de plecare rezultate din faza pilot sînt redate în tabelul 1, iar granulozitatea materialului în tabelul 2.

*Tabelul 2*

| Sortul, mm | 100 | 80 | 50 | 40 | 25 | 20 | 10 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 21,25 | 8,75 | 26,25 | 5,75 | 13,5 | 2,5 | 8,75 | 13,25 |

2. Calculul metalului superficial de pe suprafaţa particulelor se face pentru cele două faze studiate; se va folosi indicele 1 pentru faza pilot şi 2 pentru cea semiindustrială.

Fază pilot

Cantitatea de metal superficial se calculează cu relaţia (7) şi se obţine $Q'_{m1} = 0{,}685$ kg metal.

Fază semiindustrială

Date folosite: $G_T = 50\,000$ t

| Sortul, mm | 300 | 150 | 70 | 30 | 15 | 6,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 13,00 | 28,53 | 19,33 | 10,74 | 25,90 | 2,50 |

Folosindu-se aceeaşi relaţie se obţine o cantitate de $Q'_{m2} = 1.313{,}342$ kg.

3. Din datele pentru calculul vitezei de îmbogăţire zilnică rezultă că, în faza pilot, viteza de îmbogăţire medie zilnică a fost de 0,0063 g/l/zi, la un raport de solid-lichid de 1,4 : 1.

Dacă calculăm cantitatea de soluţie totală, pentru faza semiindustrială, respectînd aceeaşi viteză medie de îmbogăţire, se obţine 20 500 m³ (conform relaţiei 9).

Raportînd cantitatea de minereu la cantitatea $Q_L$ de soluţie, rezultă raportul $r = 2{,}44$. După cum am amintit la partea teoretică, raportul acesta este foarte mic, ducînd la o viteză de îmbogăţire redusă. Din literatură [1; 2; 3] rezultă că rapoartele folosite în practică sînt de ordinul sutelor.

Ţinînd seama de aceste considerente şi de relaţia (13), s-a făcut calculul variaţiei vitezei de îmbogăţire şi a cantităţilor de soluţie corespunzătoare pentru $r$, cuprins între 25 şi 150 (tab. 3).

Din tabelul 3 se poate alege cantitatea de soluţie ţinînd seama de viteza medie de îmbogăţire zilnică şi de raportul solid-lichid convenabil.

În literatura de specialitate [1; 2; 3] debitul de stropire este recomandat a fi cuprins între 6 şi 10 l/t şi 24 h.

Luînd în considerare viteza de îmbogăţire medie zilnică convenabilă, ne-am orientat la 400 m³ soluţie pe 24 ore cu un raport $r = 125$ şi o viteză medie de îmbogăţire de 0,3231 g/l/zi. Astfel vom avea un debit de stropire de 8 l/t şi zi, cifră care se încadrează în valori prescrise de literatură [1; 2; 3].

*Tabelul 3*

| Specificaţie | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V$, g/l/zi | 0,0946 | 0,1292 | 0,1938 | 0,2584 | 0,3231 | 0,3877 |
| $Q_L$, m³/zi | 2000 | 1000 | 666,66 | 500 | 400 | 333,33 |
| Extracţia, kg/zi | 129,2 | 129,2 | 129,2 | 129,2 | 129,2 | 129,2 |

Pentru acoperire se va adopta valoarea de 500 $m^3$ soluție vehiculată zilnic, ținînd seamă de eventualele pierderi.

În baza parametrilor calculați și enumerați și ținînd seama de rezultatele experimentărilor din fazele anterioare: durata unui ciclu de percolare, durata necesară regenerării soluției și altele, se poate stabili linia tehnologică și estima capacitățile bazinelor și a pompelor necesare depozitării și vehiculării soluțiilor.

Deci, este necesară o instalație semiindustrială compusă din:

— haldă de minereu sărac de 50 000 t sau 25 000 $m^3$;

— sistem de colectare a soluțiilor, care constă dintr-o rețea de canale, bazine, unul colector și unul principal, avînd o capacitate de 500 $m^3$, respectiv 5 000 $m^3$;

— sistemul de cementare, care este compus din rețeaua de conducte și cementatorul propriu-zis, cu o capacitate de 500 $m^3$/zi;

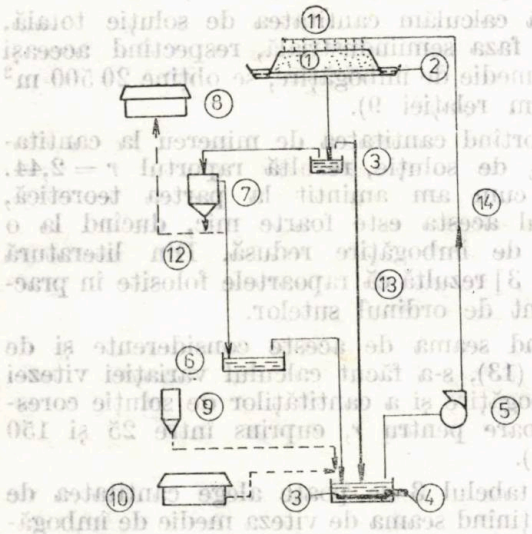



Fig. 1. Schema fluxului tehnologic al instalației experimentale semiindustriale propuse pentru leșierea bacteriană a minereului din descopertă:

*1* — haldă (50 000 t); *2* — drenuri; *3* — bazin colector (500 $m^3$) și principal (5 000 $m^3$); *4* — barbotor cu aer comprimat; *5* — pompă (50 $m^3$/h); *6* — bazin decantor; *7* — cementator; *8* — uscător; *9* — rezervor acid (200 l); *10* — rezervor nutrienți; *11* — sistem de stropire; *12* — cement de cupru; *13* — linie de recirculare a soluției; *14* — linie de vehiculare a soluției.

— sistemul de vehiculare a soluțiilor, constînd din pompă (de 50 $m^3$/h), cu durată de funcționare zilnică de circa 10 ore, conducte și aspersoare;

— sistemul de uscare a cementului de cupru, constînd dintr-o suprafață de depozitare și un corp de încălzit;

— anexe care includ diferite depozite și rezervoare pentru păstrarea substanțelor chimice necesare aplicării procesului.

La proiectarea elementelor componente ale fluxului tehnologic se va ține seama de prescripțiile literaturii de specialitate referitoare la aceste elemente.

## Concluzii

Din analiza fenomenului de leșiere microbiologică rezultă deci că pentru fiecare minereu trebuie efectuate testările în circa trei faze, pe diferite loturi de minereu.

Cele arătate mai sus, au dus la necesitatea găsirii unei metodologii de a transpune datele din fazele (laborator sau pilot) la scară mai mare, în vederea stabilirii parametrilor de proiectare a stației semiindustriale sau industriale, după caz.

În acest sens s-au elaborat relații de calcul, care caracterizează fenomenul și pe baza cărora să se poată antecalcula parametrii unei instalații de leșiere, la scara dorită.

Pe baza relațiilor teoretice, s-au calculat aceste elemente pentru un caz concret — stația semiindustrială de la Roșia Poieni —, necesară, atît pentru omologarea tehnologiei pentru întreaga cantitate de material din descopertă, cît și pentru perfectarea și completarea metodologiei de calcul.

Metodologia, deși cu necesități de perfectare, în forma actuală permite calcule de primă aproximație, facilitînd aprecierea elementelor unei scheme tehnologice în vederea proiectării unei instalații la scară mai mare.

### Bibliografie


[1] Roman, R. J. *Solution channeling in leach dumps* Trans. SME/AIME, nr. 1, 1977.

[2] * * * *Diffusion model of heap leaching and ils apllication to scale up.* Trans. SME/AIME, nr. 3, 1974, vol. 256, p. 247—252.

[3] Stirkov, P. S. *Technological and economical aspects of the bacterial and chemical leaching of waste ores and refractory-to-dress copper ores in the People's Republic of Bulgaria.* Al XI-lea Congres de preparare a minereurilor. Caligari, 1975.

[4] * * * Studii I.C.P.M.N. Baia Mare legate de leșierea bacteriană a minereurilor. 1973—1981.

# Modelarea centrifugală a drenajului gravitațional al petrolului

Prof. dr. ing. **I. Crețu**
Institutul de petrol și gaze Ploiești,
ing. **C. Danțov**
Schela de extracție Boldești

Drenajul gravitațional reprezintă procesul de recuperare a unui lichid din mediul poros sub acțiunea gravitației ca principală forță de împingere a lichidului spre punctul de ieșire din sistem. Întrucît locul lichidului este luat de gaze, drenajul gravitațional este un proces de dezlocuire gaze-lichid.

În cazul petrolului, gazele care înlocuiesc petrolul în pori pot proveni din expansiunea unui cap de gaze, pot fi furnizate de o sursă externă sau pot rezulta prin ieșirea din soluție și deplasarea lor în contracurent cu petrolul. Aerul poate, de asemenea, lua locul petrolului atunci cînd există o cale de acces a aerului atmosferic în zona drenată.

Cercetările de laborator privind drenajul gravitațional al petrolului pot fi făcute pe o coloană de mediu poros constînd dintr-un tub de peste 1,5 m lungime, umplut cu mediu poros și apoi saturat cu petrol, sau mai întîi saturat cu apă, care apoi este dezlocuită de petrol în condițiile realizării saturației ireductibile în apă. Înălțimea relativ mare a coloanei de mediu poros este impusă de necesitatea asigurării neglijabilității efectelor de capăt.

Dezavantajul experimentelor de drenaj gravitațional îl constituie durata mare a procesului de drenaj. În scopul eliminării acestui dezavantaj și implicit al asigurării posibilității de reproducere cu ușurință a experimentelor de drenaj gravitațional, s-a preconizat drenarea centrifugală a petrolului din carote de înălțime mică [1; 2], înlocuindu-se forța gravitațională prin forța centrifugală.

Pentru ca procesul de drenaj centrifugal din modelul carotă să fie similar cu procesul de drenaj gravitațional din prototipul coloană trebuie asigurate condițiile de similitudine. Similitudinea geometrică este definită prin raportul $h_1/h_2$, unde $h_1$ este înălțimea prototipului, iar $h_2$ — înălțimea modelului. Similitudinea dinamică este asigurată de egalitatea rapoartelor forțelor pe model și prototip. Un rol important în cadrul similitudinii dinamice îl are modelarea forțelor capilare și deci a efectelor de capăt. Similitudinea cinematică implică stabilirea dependenței dintre timpul $t_2$, de drenaj pe model, și timpul $t_1$, de drenaj pe prototip.

Ținînd seama că datorită efectelor de capăt începerea dezlocuirii fazei umectante are loc numai după ce presiunea de dezlocuire atinge o valoare minimă $p_d$, echivalentă cu înălțimea capilară $h_{1d}$ pe prototip și $h_{2d}$ pe model, pentru identitatea efectelor de capăt (cînd fază umectantă pe model și prototip este aceeași) trebuie să avem:

$$p_d = \rho g h_{1d} = \rho a h_{2d}, \tag{1}$$

de unde rezultă:

$$\frac{h_{1d}}{h_{2d}} = \frac{a}{g}, \tag{2}$$

unde:

$a$ este accelerația centrifugală;
$g$ — accelerația gravitațională;
$\rho$ — densitatea fazei umectante.

Efectele de capăt păstrează aceeași proporție pe model și prototip dacă:

$$\frac{h_1}{h_{1d}} = \frac{h_2}{h_{2d}}, \tag{3}$$

ceea ce, în baza relației (2), este echivalent cu:

$$\frac{h_1}{h_{1d}} = \frac{a}{g}\frac{h_2}{h_{1d}} \tag{4}$$

sau:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{a}{g} \tag{5}$$

Relația (5) exprimă valoarea coeficientului de similitudine geometrică și este o consecință a condiției de similitudine dinamică exprimată prin relația (1).

Similitudinea dinamică este realizată dacă ecuația de forțe pentru model este identică cu cea pentru prototip. Admițînd că mișcarea este guvernată de legea lui Darcy, atît pe prototip, cît și pe model, ecuația de forțe are forma:

$$\frac{\mu_i \vec{v}_i}{k_i} = -\operatorname{grad} p_i + \rho_i \vec{A}_i, \quad (i = 1, 2) \tag{6}$$

unde:

indicii 1, 2 se referă la prototip, respectiv model;

$\mu$ — vîscozitatea dinamică;
$v$ — viteza de filtrație;
$k$ — permeabilitatea absolută, iar accelerația $\vec{A}$ a cîmpului forțelor masice este egală cu accelerația gravitațională $\vec{g}$ pe prototip și cu accelerația centrifugală $\vec{a}$ pe model.

Interpretînd drenajul gravitațional ca un proces de dezlocuire a petrolului de către gaze, se poate constata că domeniul mișcării prezintă două zone: una care se află în partea inferioară a mediului poros și are saturația în petrol $s_p = s_{pi}$, și a doua, care ocupă partea superioară a coloanei de mediu poros și corespunde mișcării bifazice petrol-gaze. Zona mișcării bifazice se extinde continuu, în detrimentul zonei mișcării monofazice a petrolului, dar este convertită în partea sa superioară într-o zonă a mișcării monofazice a gazelor, în care saturația în petrol este egală cu saturația remanentă în petrol. Din punctul de vedere al drenajului gravitațional prezintă importanță numai zonele în care petrolul este o fază mobilă

Referindu-ne la mișcarea bifazică, cu intenția de a stabili dependența dintre timpul de drenaj pe prototip și timpul de drenaj pe model prin asigurarea similitudinii mișcării bifazice, ecuația lui Darcy și ecuația de continuitate pentru fiecare fază se pot scrie astfel:

$$\vec{v}_p = -\frac{k_p}{\mu_p}\nabla(p_p - g\rho_p z), \tag{7}$$

$$\vec{v}_g = -\frac{k_g}{\mu_g}\nabla(p_g - g\rho_g z), \tag{8}$$

$$\nabla\vec{v}_p + m\frac{\partial\rho_p}{\partial t} = 0, \tag{9}$$

$$\nabla\vec{v}_g + m\frac{\partial\rho_g}{\partial t} = 0, \tag{10}$$

unde:

$m$ este porozitatea;

$z$ — cota punctului corespunzătoare verticalei descendente;

$k_i$ — permeabilitatea efectivă a fazei $i$;

$$\nabla = \vec{i}\frac{\partial}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial}{\partial z} \tag{11}$$

și pentru coloana verticală conține doar ultimul termen; $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ — versorii axelor carteziene. Indicii $p$, $g$ se referă la petrol, respectiv gaze, iar variația densității gazelor s-a admis neglijabilă. La aceste ecuații se adaugă ecuațiile saturațiilor, vitezei totale și presiunii capilare:

$$s_p + s_g = 1, \tag{12}$$

$$\vec{v}_p + \vec{v}_g = \vec{v}, \tag{13}$$

$$p_c(s_p) = p_g - p_p = \sigma\sqrt{m/k}J(s_p), \tag{14}$$

unde:

$J(s_p)$ este funcția lui Leverett;

$\sigma$ — tensiunea interfacială.

Între ecuațiile (7)—(14) vom elimina $\vec{v}_p$, $\vec{v}_a$, $s_g$, $p_p$ și $p_g$, și va rezulta o ecuație cu derivate parțiale pentru saturația $s_p$. Scăzînd între ele ecuațiile (7) și (8) multiplicate cu inversul mobilității de fază și explicitînd pe $\vec{v}_p$, după substituirea lui $\vec{v}_g$ și a lui $p_g - p_p$ date de relațiile (13) și (14), obținem:

$$\vec{v}_p = f(s_p)\left[\vec{v} + \frac{k_g}{\mu_g}\nabla(p_c + g\Delta\rho z)\right], \tag{15}$$

unde:

$$f(s_p) = \frac{1}{1 + \frac{k_g}{k_p}\frac{\mu_p}{\mu_g}}, \tag{16}$$

$$\Delta\rho = \rho_p - \rho_g \tag{17}$$

Aplicînd operatorul $\nabla$ relației (15) și avînd în vedere că prin adunarea ecuațiilor (9), (10) cu folosirea relațiilor (12), (13) rezultă:

$$\nabla\vec{v} = 0, \tag{18}$$

vom avea:

$$\nabla\cdot\vec{v}_p = \vec{v}\cdot\nabla f + \frac{k}{\mu_g}\nabla(F\nabla p_c + g\Delta\rho F\nabla z)$$

sau:

$$\nabla\cdot\vec{v}_p = v_z\frac{df}{ds}\frac{\partial s_p}{\partial z} + \frac{k}{\mu_g}\left[\frac{\partial}{\partial z}\left(F\frac{dp_c}{ds_p}\frac{\partial s_p}{\partial z}\right) + g\Delta\rho\frac{dF}{ds_p}\frac{\partial s_p}{\partial z}\right], \tag{19}$$

unde s-au folosit notațiile:

$$F = k_{rg}f(s_p), \tag{20}$$

$$k_{rg} = k_g/k \tag{21}$$

și s-a ținut seama că mișcarea este unidimensională. Utilizînd expresia (19), ecuația (9) pentru prototip și model ia forma:

$$v_{iz}\frac{df_i}{ds_{ip}}\frac{\partial s_{ip}}{\partial z_i} + \frac{k_i}{\mu_{ig}}\left[\frac{\partial}{\partial z_i}\left(F_i\frac{dp_{ic}}{ds_{ip}}\frac{\partial s_{ip}}{\partial z_i}\right) + A_i\Delta\rho_i\frac{dF_i}{ds_{ip}}\frac{\partial s_{ip}}{\partial z_i}\right] + m_i\frac{\partial s_{ip}}{\partial t_i} = 0, \quad (i = 1,2). \tag{22}$$

unde: $A_1 = g$ și $A_2 = a$. Mișcarea bifazică pe model este similară cu cea de pe prototip dacă ecuațiile (22) sînt identice.

Introducînd coeficienţii de scară impuşi de relaţia (22): $C_v = v_1/v_2$, $C_l = z_1/z_2$, $C_s = s_{1p}/s_{2p}$, $C_\mu = \mu_1/\mu_2$, $C_k = k_1/k_2$, $C_{pc} = p_{1c}/p_{2c}$, $C_a = g/a$, $C_\rho = \Delta\rho_1/\Delta\rho_2$, $C_m = m_1/m_2$, $C_t = t_1/t_2$ şi ţinînd seama că $f_1 = f_2$ şi $F_1 = F_2$, ecuaţia (22) pentru $i = 1$ poate fi scrisă sub forma:

$$\frac{C_v}{C_l} v_{2z} \frac{df}{ds_{2p}} \frac{\partial s_{2p}}{\partial z_2} + \frac{C_k}{C_\mu} \frac{k_2}{\mu_{2g}} \cdot \left[\frac{C_{pc}}{C_l^2} \frac{\partial}{\partial z_2}\left(F \frac{dp_{2c}}{ds_{2p}} - \frac{\partial s_{2p}}{\partial z_2}\right)\right] + \left[\frac{C_a C_\rho}{C_l} A_2 \Delta\rho_2 \frac{dF}{ds_{2p}} \frac{\partial s_{2p}}{\partial z_2}\right] + \frac{C_m C_s}{C_t} m_2 \frac{\partial s_{2p}}{\partial t_2} = 0, \tag{23}$$

care, după identificarea cu ecuaţia (22) pentru $i = 2$, duce la:

$$\frac{C_v}{C_l} = 1, \quad \frac{C_k C_{pc}}{C_\mu C_l^2} = 1, \quad \frac{C_k C_a C_\rho}{C_\mu C_l} = 1, \quad \frac{C_m C_s}{C_t} = 1 \tag{24}$$

sau:

$$\frac{C_v}{C_l} = \frac{C_k C_{pc}}{C_\mu C_l^2} = \frac{C_k C_a C_\rho}{C_\mu C_l} = \frac{C_m C_s}{C_t} \tag{25}$$

Aşadar, similitudinea este asigurată dacă sînt îndeplinite relaţiile (25), care pot fi scrise astfel:

$$\frac{C_v}{C_l} = \frac{C_k C_a C_\rho}{C_\mu C_l}, \tag{26}$$

$$\frac{C_k C_{pc}}{C_\mu C_l^2} = \frac{C_k C_a C_\rho}{C_\mu C_l}, \tag{27}$$

$$\frac{C_v}{C_l} = \frac{C_m C_s}{C_t}. \tag{28}$$

Relaţia (26) se reduce la forma:

$$\frac{C_k C_a C_\rho}{C_\mu C_v} = 1, \tag{29}$$

care este echivalentă cu egalitatea:

$$\frac{k_1 g \Delta\rho_1}{\mu_1 v_1} = \frac{k_2 a \Delta\rho_2}{\mu_2 v_2} \tag{30}$$

sau:

$$N_{g1} = N_{g2}, \tag{31}$$

unde:

$$N_g = \frac{kg\Delta\rho}{\mu v} \tag{32}$$

se numeşte număr de gravitaţie şi reprezintă raportul dintre forţa de gravitaţie şi forţa de vîscozitate, pentru unitatea de volum.

Relaţia (27), după simplificare, devine:

$$\frac{C_{pc}}{C_a C_\rho C_l} = 1 \tag{33}$$

şi corespunde egalităţii:

$$\frac{p_{1c}}{g\Delta\rho_1 l_1} = \frac{p_{2c}}{a\Delta\rho_2 l_2} \tag{34}$$

care, pe baza expresiei (14) şi a admiterii că $J_1 = J_2$, îmbracă forma:

$$\frac{\sigma_1 \sqrt{m_1/k_1}}{g\Delta\rho_1 l_1} = \frac{\sigma_2 \sqrt{m_2/k_2}}{a\Delta\rho_2 l_2} \tag{35}$$

sau:

$$N_{c1} = N_{c2}, \tag{36}$$

unde:

$$N_c = \frac{\sigma\sqrt{m/k}}{g\Delta\rho l} \tag{37}$$

reprezintă raportul dintre forţa capilară pentru un mediu poros cu funcţia Leverett egală cu unitatea şi forţa de gravitaţie, pentru un volum unitar, şi se numeşte n u m ă r d e c a p i l a r i t a t e.

Relaţia (28) poate fi interpretată ca o relaţie care exprimă corespondenţa dintre timpul pe prototip şi timpul pe model, astfel:

$$C_t = \frac{C_m C_l C_s}{C_v} \tag{38}$$

sau:

$$t_1 = \frac{C_m C_l C_s}{C_v} t_2 \tag{39}$$

Considerînd că pe model se folosesc fluidele şi mediul poros de pe prototip, $C_k = C_\rho = C_\mu = C_{pc} = C_m = 1$ şi relaţiile (29) şi (33) devin:

$$C_v = C_a, \tag{40}$$

$$C_l = 1/C_a \tag{41}$$

Substituind expresiile (40) și (41) în relația (39) și impunînd $C_s = 1$, relația (39) exprimă dependența timpilor sub forma:

$$t_1 = \left(\frac{a}{g}\right)^2 t_2 \tag{42}$$

Relația (41) corespunde relației (5), iar relația (40) arată că:

$$v_2 = \frac{a}{g} v_1 \tag{43}$$

și permite să se verifice dacă pe model mișcarea este într-adevăr guvernată de legea lui Darcy.

Aceleași condiții de similitudine se obțin în cazul zonei mișcării monofazice a petrolului. Ecuația de forțe în acest caz este ecuația (6), care prin introducerea coeficienților de scară și identificare dă relațiile:

$$\frac{C_\mu C_v}{C_k} = 1, \quad \frac{C_p}{C_l} = 1, \quad C_\rho C_a = 1, \tag{44}$$

care pot fi grupate astfel:

$$\frac{C_\mu C_v}{C_k} = C_\rho C_a, \tag{45}$$

$$\frac{C_p}{C_l} = C_\rho C_a, \tag{46}$$

și corespund relațiilor (29) și (33), ducînd în final la condițiile (40) și (41).

Folosind ecuația de continuitate, scrisă pentru drenajul din zona mișcării monofazice, sub forma:

$$-(h-z)\frac{\partial v}{\partial z} = m\frac{\partial}{\partial t}(h-z) \tag{47}$$

se regăsește condiția (38), pentru $C_s = 1$, care duce la relația (42).

Elementele modelului de drenaj centrifugal sînt înălțimea carotei $h_2$ și accelerația centrifugală $a$. Înălțimea carotei rezultă din relația (5), dacă se calculează în prealabil mărimea $a$. Accelerația centrifugală modelează forțele capilare. Relația (41), care include relațiile (2) și (5), exprimă condiția ce trebuie îndeplinită pentru ca, potrivit relației (34), raportul forțelor capilare să fie egal cu raportul forțelor masice pentru prototip și model. Folosirea relației (2) pentru calculul accelerației $a$ nu este posibilă deoarece nu sînt cunoscute mărimile $h_{1d}$ și $h_{2d}$. Avînd în vedere că în cadrul drenajului gravitațional forțele capilare sînt cele care determină valoarea saturației remanente în petrol, propunem ca accelerația $a$ să fie determinată experimental. În acest sens, o carotă de înălțime mică, saturată identic ca prototipul, va fi centrifugată cu o accelerație centrifugală crescătoare în trepte pînă cînd se va obține saturația reziduală în petrol estimată pentru prototip. Apoi se va realiza o carotă de înălțime $h_2$, calculată din relația (5), care va fi saturată ca prototipul și drenată centrifugal, cu accelerația $a$. Timpul de drenaj gravitațional va rezulta din relația (42) pe baza cunoașterii timpului cît s-a centrifugat carota.

Accelerația centrifugală are expresia:

$$a = \frac{v^2}{r}, \tag{48}$$

unde:

$$v = \frac{2\pi r n}{60}, \tag{49}$$

cu $n$ exprimat în rot/min.

Substituind viteza dată de relația (49) în formula (48) rezultă:

$$a = 0{,}010966\ rn^2 \tag{50}$$

Pentru turația $n$ constantă, accelerația centrifugală variază liniar cu raza de-a lungul carotei, de la valoarea minimă corespunzătoare razei $r_1$ a părții superioare a carotei, la valoarea maximă determinată de raza $r_2$ a bazei carotei. În cadrul modelării centrifugale a drenajului gravitațional s-a preconizat folosirea valorii constante a accelerației centrifugale [2]:

$$a = 0{,}0110966\ r_m n^2 \tag{51}$$

unde:

$$r_m = (r_1 + r_2)/2, \tag{52}$$

găsindu-se că această presupunere este justificată pentru $r_1/r_2 \geqslant 0{,}7$

Presiunea de dezlocuire a petrolului în cadrul drenajului centrifugal poate fi calculată cu relația:

$$p_{dc} = \frac{1}{2}\rho r_m^2 \omega^2, \tag{53}$$

unde $\omega$ este viteza unghiulară de rotație dată de formula:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \tag{54}$$

în care $n$ se introduce în rot/min.

La laboratorul de hidraulică subterană al Institutului de petrol și gaze din Ploiești s-a efectuat o serie de experimente de drenaj centrifugal al petrolului. În tabelul 1 sînt pre-

*Tabelul 1*

| Turația $n$, rot/min | Saturația în petrol, $s_p$ | Viteza unghiulară, $\omega$, rad/s | Accelerația, $a$, m/s$^2$ | Presiunea de dezlocuire $p_{dc}$, Pa |
|---|---|---|---|---|
| 900 | 0,3927 | 94,2478 | 1 019,728 | 51 215,84 |
| 1 120 | 0,3420 | 117,2861 | 1 579,192 | 79 314,93 |
| 1 420 | 0,2685 | 148,7021 | 2 538,491 | 127 495,85 |
| 1 750 | 0,2065 | 183,2596 | 3 855,452 | 193 640,10 |
| 2 150 | 0,1339 | 225,1475 | 5 819,372 | 292 277,98 |
| 3 000 | 0,1013 | 314,1593 | 11 330,308 | 569 064,74 |

zentate rezultatele experimentale și calculate obținute la drenajul centrifugal al petrolului de densitate $\rho = 875$ kg/m$^3$, dintr-o carotă constituită din nisip consolidat provenit din intervalul 186,6—187,2 m al zăcămîntului Bușteni. Carota, de diametru $d = 2{,}2$ cm, lungime $l = 2{,}56$ cm, porozitate $m = 0{,}22$ și saturație ireductibilă în apă $s_{ai} = 0{,}47$, a fost saturată cu petrol și centrifugată în trepte pînă cînd s-a realizat saturația remanentă în petrol estimată $s_{rp} = 0{,}10$. Durata de centrifugare a carotei pentru fiecare treaptă de turație a fost de 30 min., asigurîndu-se astfel realizarea saturației de echilibru corespunzătoare turației respective. Raza minimă a carotei $r_1 = 10{,}2$ cm, raza maximă $r_2 = 12{,}76$ cm, iar raza medie $r_m = 11{,}48$ cm.

Saturația remanentă în petrol $s_{rp} = 0{,}10$ a fost obținută la turația $n = 3\,000$ rot/min, adică la o accelerație $a = 11330{,}308$ m/s$^2$. Modelului de înălțime $h_2 = l$ îi corespunde, conform relației (5), un prototip de înălțime $h_1 = 29{,}567$ m. Din relația (42) rezultă că unei secunde pe prototip îi corespund $1{,}333968 \cdot 10^6$s pe model.

Valorile presiunii de dezlocuire din tabelul 1 sînt prezentate grafic, relativ la saturație, în figura 1. Extrapolînd curba din acest grafic pînă la saturația inițială în petrol $s_{pi} = 0{,}53$ se poate estima valoarea presiunii minime de dezlocuire, iar din relația (1) rezultă înălțimea echivalentă ei pe model și pe prototip.

Convertirea rezultatelor obținute pe modelul centrifugal, pe baza coeficienților de scară $C_v$, $C_l$ și $C_t$ dați de relațiile (40) — (42), poate fi afectată de prezența regimului neliniar de filtrare pe model, ca urmare a unor valori ridicate ale vitezei de drenaj centrifugal care, în cazul de față, sînt (conform relației (43)) de 1 155 de ori mai mari decît valorile vitezei lichidului drenat gravitațional.

Metoda modelării centrifugale a drenajului gravitațional, prezentată în acest articol, utilizează saturația remanentă în petrol ca purtător unic al informației ce caracterizează sistemul mediu poros-petrol. Determinarea acestui parametru poate fi făcută în cadrul unor experimente de drenaj gravitațional pe o coloană

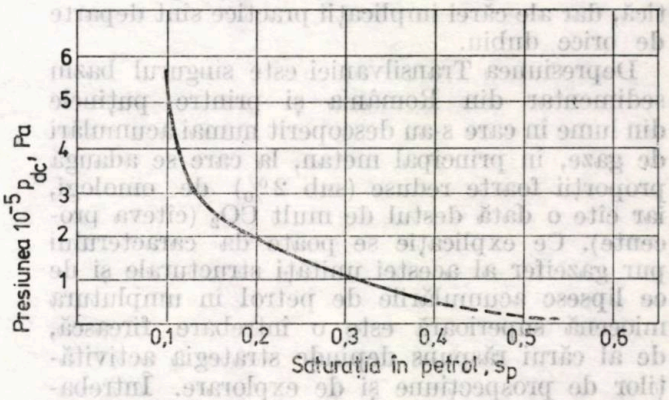



Fig. 1

înaltă de mediu poros, urmărindu-se totodată și viteza de drenaj gravitațional în scopul calculului, prin intermediul relației (43), a vitezei de drenaj centrifugal pentru stabilirea legii de filtrație a lichidului pe model.

**Bibliografie**


[1] Slobod, R. L., Chambers, A., Prehn, W. L. *Use of centrifuge for determining connate water, residual oil, and capillary pressure curves of small core samples.* Petr. trans., AIME, vol. 192, 1951.

[2] Marx, J. W. *Determining gravity drainage characteristics on centrifuge.* Petr. trans., AIME, vol. 207, 1956.

[3] Kyte, J. R. *A centrifuge method to predict matrix-block recovery in fractured reservoirs.* SPEJ, iunie, 1970.

[4] Crețu, I. ș.a. *Studii și cercetări privind mecanismul de drenare gravitațională a petrolului prin sonde executate din lucrări miniere subterane.* Contract nr. 29/1979, I.P.G. Ploiești.

[5] Hagoort, J. *Oil recovery by gravity drainage.* SPEJ, iunie 1980.

# Aspecte noi privind metanogeneza în Bazinul Transilvaniei

Conf. dr. V. Stăneseu
Universitatea Bucureşti

## I. Introducere

Între multele necunoscute cu care sînt astăzi confruntate ştiinţele geologice şi îndeosebi geologia petrolului din ţara noastră, un loc aparte îl reprezintă formarea gazului metan acumulat în rezervoarele miocenului superior din cuveta centrală a Depresiunii Transilvaniei, problemă care numai aparent are semnificaţie pur teoretică, dar ale cărei implicaţii practice sînt departe de orice dubiu.

Depresiunea Transilvaniei este singurul bazin sedimentar din România şi printre puţinele din lume în care s-au descoperit numai acumulări de gaze, în principal metan, la care se adaugă proporţii foarte reduse (sub 2%) de omologi, iar cîte o dată destul de mult $CO_2$ (cîteva procente). Ce explicaţie se poate da caracterului pur gazeifer al acestei unităţi structurale şi de ce lipsesc acumulările de petrol în umplutura miocenă superioară este o întrebare firească, de al cărui răspuns depinde strategia activităţilor de prospecţiune şi de explorare. Întrebarea nu este nouă şi nici nu a fost ignorată de marii noştri oameni de ştiinţă. Astăzi dispunem de mai multe concepţii privind formarea hidrocarburilor în Depresiunea Transilvaniei, fiecare sprijinită pe informaţiile geologice de la timpul respectiv. În ultimele două decenii însă în ştiinţele geologice şi, mai ales, în geologia petrolului s-au înregistrat progrese uimitoare sub raport metodologic, tehnologic şi conceptual, finalizate prin fundamentări teoretice şi experimentale noi privind geneza gazelor de hidrocarburi şi a petrolului în general. Ele deschid calea reambulării tuturor informaţiilor mai vechi şi mai noi prin prisma concepţiilor genetice moderne, care pot releva aspecte inedite ale proceselor de metanogeneză şi de oleogeneză în bazinele vechi producătoare de hidrocarburi, iar Depresiunea Transilvaniei nu poate face excepţie de la această regulă.

Noi ne propunem tocmai acest lucru : abordarea problemei formării hidrocarburilor în depozitele miocenului tîrziu, urmînd una dintre căile deschise astăzi de cercetările moderne, cale care nu este nici exhaustivă şi poate că nici cea mai eficientă, dar care ni se pare cea mai accesibilă în momentul de faţă.

## II. Concepţii privind formarea gazului metan

Cum s-a menţionat mai înainte, provenienţa gazului metan din miocenul superior („formaţiunea cu gaze") în Depresiunea Transilvaniei a constituit o justificată preocupare a geologilor începînd din deceniul al patrulea, cînd industria extractivă a gazului metan cunoştea prima perioadă de înflorire. Studiul acestei probleme a continuat şi după al doilea război mondial, în a doua perioadă — şi cea mai importantă — de dezvoltare a acestei industrii.

Dintre primele opinii formulate asupra formării gazului metan atrage atenţia aceea a lui L. Mrazec (1931), care considera că originea gazului metan din Bazinul Transilvaniei este organică şi că ea trebuie pusă pe seama rocilor pelitice din tortonian, buglovian şi sarmaţian, intercalate între rezervoarele cu acumulări de gaze. Prin urmare, toate zăcămintele din depozitele miocenului tîrziu ar avea un caracter primar autohton. Este important să reţinem principalele argumente pe care se bazează această concepţie elaborată în urmă cu o jumătate de veac, pentru că ele reprezintă şi astăzi, cu unele detalieri, criterii temeinice în diagnoza rocilor-sursă : caracterul reducător al bazinului de sedimentare din miocenul tîrziu, subsidenţa şi rata înaltă de sedimentare şi prezenţa abundentă a materialului organic de tip vegetal-terestru în pelitele seriei tortoniană-sarmaţiană.

Mai apoi, G. Macovei (1938), atras de faciesul bituminos al stratelor de Ileanda Mare, care apar la suprafaţă pe rama de nord şi de nord-vest a bazinului şi pe care le presupune şi în substratul miocenului din interiorul depresiunii, a emis opinia că gazul metan are, de asemenea, origine organică, dar că sursa lui ar putea fi reprezentată de şisturile oligocene îngropate. Astfel se exprimă ideea alohtoniei gazului metan care a migrat din oligocen în rezervoarele miocenului superior.

I. Atanasiu (1948) a preluat concepţia lui G. Macovei precizînd însă că rocile-sursă oligocene au generat hidrocarburi lichide şi gazoase, dar că primele nu au reuşit să migreze prin stratul continuu de sare situat deasupra tufului de Dej cu care debutează tortonianul, în vreme ce gazele, cu capacitate de difuzie mai mare, au reuşit să învingă ecranul şi să treacă în rezervoarele din miocenul superior. Această concepţie pune în lumină perspective atrăgătoare privind prezenţa acumulărilor de petrol în depozitele poroase-permeabile ale miocenului inferior şi ale paleogenului.

În anii din urmă, D. Ciupagea, M. Paucă şi T. Ichim (1970) au menţionat că sub sarea tortoniană şi sub tuful de Dej există şi alte serii pelitice, ca de exemplu stratele de Hida, care ar putea fi suspectate ca roci-sursă de hidrocarburi gazoase şi lichide, dar gazul

metan din miocenul superior este legat genetic de această diviziune cronostratigrafică. Semnificativă este observaţia pe care autorii o fac privind conţinutul relativ ridicat al primilor termeni din seria lichidă de hidrocarburi în unele orizonturi tortoniene mai adînci, formînd condensatul de gaze care poate ajunge la 16 g/m$^3$ (sonda 401 Praid). Acest fapt este interpretat ca rezultat al migraţiei celei mai uşoare fracţiuni lichide, din seriile pretortoniene. Dealtfel, în burdigalianul zonei Telciu (pe rama nordică a depresiunii) au existat indicaţii de petrol într-o sondă, iar în zona Jibou se cunosc, de multă vreme, apariţii de petrol legate de aflorimentele rocilor eocene, ceea ce ar pleda pentru caracterul petroligen al substratului pretortonian.

Concepţia originii organice a gazului metan şi a autohtoniei lui în succesiunea tortoniană-sarmaţiană a fost însuşită de toţi marii cercetători ai Depresiunii Transilvaniei şi a fost expusă în mai multe lucrări (N. Grigoraş, 1961; I. Gavat, 1964; D. Paraschiv, 1975 ş.a.), „deşi formaţiunile respective n-au făcut obiectul unor studii geochimice speciale" (D. Paraschiv, 1975).

## III. Evoluţia geologică a formaţiunii cu gaze şi formarea gazului metan

### 1. *Date generale*

Cercetările moderne cu caracter teoretic, confruntate cu datele obţinute din studiul bazinelor de sedimentare şi din lucrările experimentale, au relevat condiţii şi posibilităţi noi privind oleogeneza în sensul larg al noţiunii, între care o importanţă cu totul specială revine tipului de materie organică primară încorporată în sedimente, istoriei termice şi timpului geologic în care evoluează materia organică.

Cu privire la tipul de materie organică sursă de hidrocarburi, astăzi există opinia unanimă că materialul lacustru şi marin formînd în general resturile fitoplanctonului şi zooplanctonului se converteşte, în condiţiuni reducătoare, mai întîi în kerogen sapropelic sau liptinitic, care sub acţiunea manifestată în timp a temperaturii eliberează petrol, iar materia organică terestră (plante superioare) se transformă într-un kerogen humic generator de gaze, în principal metan (W. G. Dow, 1979; J. Hunt, 1979 ş.a.).

Asupra kerogenului din pelitele formaţiunii cu gaze nu s-au făcut cercetări pentru determinarea tipului chimic, cale care ar soluţiona direct şi aproape complet problema sursei gazului metan. Însă abundenţa resturilor vegetale fosilizate în marnele şi argilele seriei tortoniană-sarmaţiană poate constitui un motiv de a admite caracterul humic-gazogen al kerogenului conţinut în roci.

Studiile geochimice moderne mai precizează că în evoluţia sa materia organică încorporată în sedimentele care dispun de condiţii anaerobe trece prin mai multe etape cunoscute sub denumirile de diageneză, catageneză şi metamorfism (N. B. Vassoievici, 1969) sau metageneză (B. Tissot şi D. Welte, 1978), sau sub denumirile de epidiageneză, mezodiageneză şi catadiageneză (B. Kubler, 1980) şi că fiecare etapă se caracterizează prin anumite trăsături ale reacţiilor chimice şi, în consecinţă, prin diferite produse. Astfel, în timpul diagenezei (sau al epidiagenezei) materia organică eliberează gaze, între care predomină metanul (gaze de diageneză, gaze biogene sau gaze de joasă temperatură), în timpul catagenezei (sau al mezodiagenezei) ea eliberează petrol, iar în etapa metagenezei (sau a catadiagenezei) se produc gaze (la început omologi ai metanului, apoi gaz metan în exclusivitate) prin cracarea termică a hidrocarburilor lichide (gaz metan termogen).

Prin urmare, există două faze de formare a gazului metan, una la începutul evoluţiei materiei organice, în condiţiile unor temperaturi care nu depăşesc 50—60°C, alta la finele evoluţiei, cînd temperatura sedimentului depăşeşte 130—150°C. În care dintre aceste faze se încadrează procesele de formare a metanului din Bazinul Transilvaniei este o întrebare al cărui răspuns poate fi aflat prin reconstituirea evoluţiei geologice a depresiunii în miocenul superior şi în pliocen şi a istoriei termice a formaţiunilor respective, în acord cu concepţiile moderne privind corelaţia dintre temperatură şi timpul de rezidenţă pe de-o parte şi intensitatea transformărilor suferite de materia organică pe de altă parte, stabilită în lucrările fundamentale ale lui N. V. Lopatin (1971, 1979), J. Connan (1974, 1976), B. Tissot, G. Deroo şi L. Espitalié (1975), B. Tissot şi D. Welte (1978), B. Kubler (1980), D. Waples (1976, 1979, 1980) ş.a.

Vom încerca să studiem această corelaţie în cazul Depresiunii Transilvaniei pentru intervalul posterior depunerii sării tortoniene.

### 2. *Modelul geologic al evoluţiei formaţiunii cu gaze*

Elementele fundamentale strict necesare ale modelului geologic privind istoria succesiunii de strate care compun formaţiunea cu gaze sînt de ordin stratigrafic, cronologic şi fizic.

Formaţiunea cu gaze a fost sintetizată în profil complet, maximal (fig. 1) alcătuit din trei secvenţe cu valoare cronostratigrafică, corespunzătoare tortonianului superior, buglovianului şi sarmaţianului inferior şi mediu. Grosimile cele mai mari pe care acestea au fost străbătute de sonde se înscriu în jurul valorilor de 1 100 m (zona Filitelnic), 800 m (zona Sînmiclăuş) şi respectiv 1 500 m (zona Mică). Prin urmare, însumînd, grosimea maximă în profilul sintetic general este de circa 3 400 m, care ar putea fi reală în partea cea mai afundată a bazinului.

În celelalte zone ea este mai redusă (Sărmăşel cca. 2 100 m; Şincai cca. 2 300 m; Bogata de Mureş cca. 2 200 m; Dumbrăvioara cca. 2 500 m Filitelnic cca. 2 600 m; Deleni cca. 2 050 m; Noul Săsesc cca. 2 000 m; Măgherani cca.

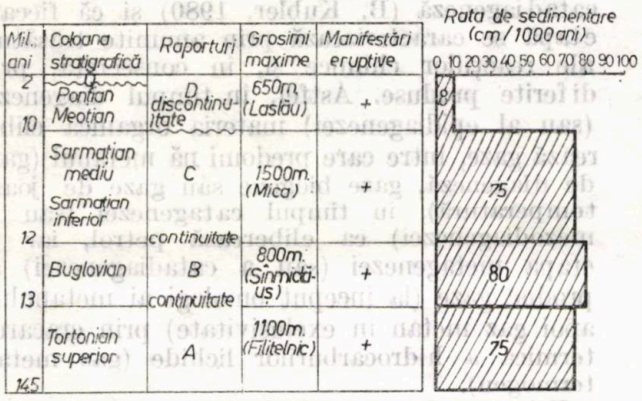



Fig. 1. Profilul complet şi caracterele generale ale formaţiunii cu gaze din Depresiunea Transilvaniei

2 800 m ş.a.m.d.). Cuvertura formaţiunii cu gaze o formează pliocenul şi cuaternarul, a căror grosime maximă însumată este de circa 650 m (zona Laslău). În nordul, nord-estul şi sud-estul cuvetei centrale (zona domurilor) pliocenul poate lipsi parţial sau în totalitate. Astfel, acolo unde seria este completă, baza formaţiunii cu gaze s-ar putea afla la adîncimi de aproximativ 4 000 m.

În succesiunea formaţiunii cu gaze şi a cuverturii sale se constată două faze de discontinuitate a sedimentării şi a subsidenţei, condiţionate de tot atîtea ridicări (faze de eroziune), una în sarmaţianul tîrziu şi în meoţianul timpuriu, pusă în evidenţă de absenţa kersonianului şi a meoţianului inferior, alta în pliocenul tîrziu, lipsind depozitele daciene şi romaniene. Ultima fază de exondare s-a prelungit de-a lungul întregului cuaternar.

Depunerea formaţiunii cu gaze s-a realizat într-o perioadă de timp de circa 4 mil. ani, timp scurs între încheierea fazei de depunere a sării şi momentul primei exondări. După circa 9,5 mil. ani, sedimentele au fost reacoperite de ape şi a început depunerea terenurilor pliocene, în condiţiile unei noi scufundări. Astfel, durata timpului în care formaţiunea cu gaze a fost îngropată parţial sau în totalitate s-a estimat la 11,5—14,5 mil. ani. Mai exact, succesiunea tortoniană a fost îngropată o perioadă de 14,5 mil. ani, cea bugloviană 13 mil. ani, iar cea sarmaţiană 11,5 mil. ani.

Vîrstele absolute ale celor trei secţiuni ale profilului formaţiunii cu gaze au fost estimate la 14,5, la 13 şi respectiv la 12 mil. ani, vîrsta pliocenului la 10 mil. ani, iar a cuaternarului la 2 mil. ani.

Modelul geologic cuprinde şi informaţii privind repartiţia temperaturilor în timp şi în

*Tabelul 1*

**Valorile temperaturii măsurate în formaţiunea cu gaze pe unele structuri**

| Structura | Sonda | Adîncime m | Temp. °C | Gradient °C/km |
|---|---|---|---|---|
| FILITELNIC | 94 | 705 | 28 | |
| | 96 | 716 | 25 | |
| | 66 | 721 | 28 | |
| | 90 | 741 | 28 | |
| | 86 | 742 | 28 | |
| | 88 | 774 | 29 | |
| | 62 | 1195 | 45 | |
| | 49 | 1814 | 71 | |
| | 61 | 1978 | 70 | 32 |
| | 23 | 2181 | 66 | |
| | 226 | 2182 | 68 | |
| | 267 | 2190 | 70 | |
| | 46 | 2202 | 70 | |
| | 47 | 2210 | 64 | |
| | 274 | 2231 | 71 | |
| | 139 | 2257 | 71 | |
| | 40 | 3200 | 86 | |
| DELENI | 73 | 705 | 25 | |
| | 208 | 770 | 28 | |
| | 72 | 808 | 26 | |
| | 138 | 820 | 30 | |
| | 92 | 880 | 28 | |
| | 207 | 975 | 34 | 26 |
| | 118 | 990 | 35 | |
| | 124 | 1012 | 34 | |
| | 209 | 1041 | 33 | |
| | 288 | 1062 | 35 | |
| | 118 | 1070 | 35 | |
| | 76 | 1100 | 32 | |
| | 198 | 2040 | 50 | |
| TG. MUREŞ | 3 | 1140 | 40 | |
| | 185 | 1606 | 52 | |
| | 26 | 1755 | 54 | |
| | 26 | 1820 | 57 | 27 |
| | 26 | 2400 | 70 | |
| | 223 | 2431 | 73 | |
| | 209 | 2035 | 64 | |
| | 209 | 1375 | 46 | |
| GREBENIŞ | 156 | 850 | 36 | |
| | 172 | 915 | 37 | |
| | 2 | 925 | 33 | |
| | 170 | 961 | 37 | |
| | 169 | 1020 | 38 | |
| | 155 | 1100 | 38 | |
| | 115 | 1104 | 42 | |
| | 107 | 1185 | 38 | |
| | 105 | 1360 | 41 | 27 |
| | 106 | 1452 | 45 | |
| | 116 | 1490 | 49 | |
| | 123 | 1493 | 45 | |
| | 30 | 1553 | 44 | |
| | 26 | 1615 | 54 | |
| | 128 | 1626 | 52 | |
| | 130 | 1625 | 54 | |
| | 122 | 1650 | 50 | |
| | 117 | 1651 | 49 | |
| NOUL SĂSESC | 14 | 620 | 27 | |
| | 31 | 674 | 29 | |
| | 52 | 690 | 29 | |
| | 26 | 703 | 31 | |
| | 12 | 840 | 32 | |
| | 29 | 885 | 31 | |
| | 40 | 918 | 34 | |
| | 39 | 1033 | 29 | 20 |
| | 28 | 1155 | 29 | |
| | 32 | 1181 | 28 | |
| | 50 | 1190 | 30 | |
| | 62 | 1220 | 29 | |
| | 70 | 1256 | 30 | |
| | 57 | 1276 | 30 | |
| | 59 | 1470 | 39 | |
| | 49 | 1570 | 42 | |
| | 65 | 1705 | 33 | |
| | 61 | 1743 | 43 | |

fiecare secvenţă a profilului. Pentru actuala repartiţie a temperaturilor s-au folosit datele obţinute prin măsurători în sonde în condiţii de repaus şi de refacere a temperaturii de strat, pe o serie de structuri (Tg. Mureş, Filitelnic, Noul Săsesc, Deleni, Grebeniş), date prezentate în tabelul 1. Examinarea valorilor termice înregistrate în sonde conduce la observaţia că (fig. 2) gradientul geotermic actual este subnormal (20—27°C/km), exceptînd domul Filitelnic unde valoarea lui este puţin peste cea

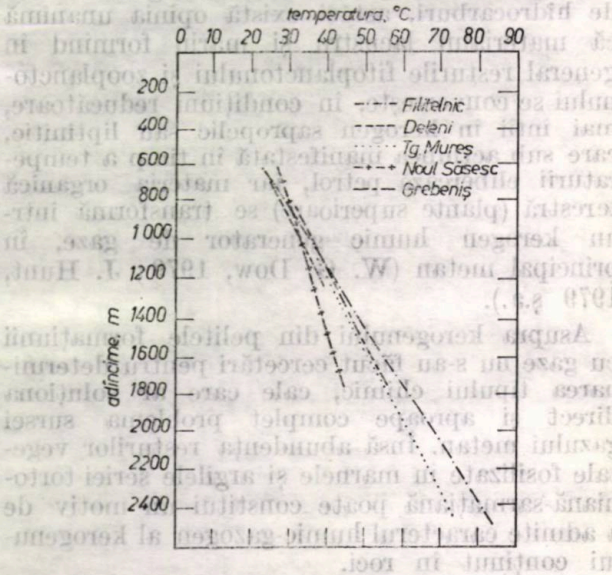



Fig. 2. Repartiţia temperaturii în adîncime pe unele structuri gazeifere (după măsurătorile în sonde)

normală (32°C/km). Pe de altă parte, în structura Filitelnic apare, la adîncimea de 3 200 m, o valoare termică anormal de redusă (86°C), care ar sugera că în secțiunea superioară gradientul geotermic este mai mare, iar în secțiunea inferioară a profilului, el este mai mic.

Controlul repartiției temperaturilor din trecut l-a realizat gradientul paleogeotermic. Valoarea acestuia nu a putut fi stabilită pentru că lipsesc analizele speciale privind materia organică și materialul mineral al rocilor. În consecință, pentru trecut s-a adoptat valoarea gradientului actual, pe care am considerat-o 30°C/km. Un asemenea mod de tratare a problemei este uzual pentru bazinele platformice lipsite de manifestări magmatice contemporane sau subsecvente depunerii sedimentelor organoclastice, dar introduce inevitabil erori în cazul bazinelor mobile, inclusiv intraorogenice, mai ales dacă ele au fost afectate de magmatism. Or, tocmai acesta este cazul Depresiunii Transilvaniei, unde magmatismul neogen a însoțit tot timpul procesele sedimentării și ale diagenezei sedimentelor, prelungindu-se și mai tîrziu.

### 3. *Aspectele teoretice ale evaluării transformării materiei organice încorporată în sedimente*

Transformarea materiei organice, care a reușit să se sustragă proceselor distructive din zona de oxidare bacterială și a fost încorporată în sedimentul pelitic impenetrabil pentru oxigen, este controlată de factorul biologic, de temperatură și de timpul geologic. Factorul biologic, reprezentat prin microorganismele care provoacă procese fermentative anaerobe, continuă să acționeze chiar și în păturile adînci de cîteva sute de metri ale sedimentului, unde temperaturile sînt încă reduse și probabil că numai la adîncimi de 800—1 000 m productivitatea factorului biologic devine nulă.

Rezultatul acțiunii microorganismelor fermentative este gazul metan așa-numit biogen, pe care sedimentul îl reține un oarecare timp înainte de expulzarea lui în rezervoare.

Pe măsura scufundării sedimentului organoclastic crește temperatura și influența ei asupra reacțiilor chimice de restructurare a materiei organice. Treptat, ea devine factorul principal de transformare, cu atît mai activ cu cît timpul de rezidență este mai îndelungat. Astăzi este stabilit, cu certitudine, că temperatura și timpul sînt factori interschimbabili, suplinindu-se reciproc, în sensul că o temperatură înaltă, care acționează un timp scurt asupra materiei organice, are același efect în ceea ce privește maturizarea (alterarea) acesteia, ca și o temperatură redusă, care acționează într-un timp îndelungat.

Dar după cum arată analiza și dezvoltările ecuației cinetice a lui Arrhenius, intensitatea acțiunii fiecăruia dintre factorii menționați este diferită. Astfel, relația timp-maturizare are caracter liniar, iar relația temperatură-maturizare este de tip exponențial. Asemenea gen de relații au fost exprimate cantitativ de J. Connan (1974) astfel:

$$l_n t = \frac{E}{RT} - A$$

în care:

$t$ este timpul;
$E$ — energia de activare;
$R$ — constanta universală a gazelor;
$T$ — temperatura, °K;
$A$ — factorul de frecvență cinetică.

Aceasta înseamnă că dublarea timpului are ca efect dublarea reacțiilor de alterare a materiei organice, dar dublarea temperaturii determină o alterare mai mare de $n$ ori la o putere oarecare, deci un efect superior celui rezultat din acțiunea factorului temporal. În general, se arată că la o creștere a temperaturii cu 10°C rata reacțiilor chimice se dublează sau chiar se poate tripla (J. Hunt 1979).

Rezultă de aici că dacă se cunosc istoria termică a unui sediment bogat în materie organică, adică temperaturile în care acesta a subzistat din momentul depunerii și pînă astăzi, precum și durata de timp în care sedimentul s-a aflat în fiecare interval de temperatură, se poate cuantifica gradul de maturizare a materiei organice. Acest grad, determinat astfel, poate fi comparat cu maturizarea obținută pe alte căi (reflectanța vitrinitului, electron spin resonance ș.a.) pentru validarea rezultatelor obținute.

Mai mult decît atît, dacă determinările se fac în diferite puncte ale unui bazin sedimentar și la nivelul fiecărei formațiuni care interesează, se pot executa hărți ale gradului de maturizare a materiei organice, care conturează suprafețele în care o secvență stratigrafică a atins gradul de maturizare termo-temporală necesar pentru formarea petrolului.

Procedeul de calculare a gradului de maturitate a materiei organice pornește de la modelul geologic al secvenței care interesează, înfățișînd evoluția succesiunii în timp, exprimat în milioane de ani, și repartiția în adîncime a temperaturilor, în prezent și în trecut (fig. 3), după curbe izoterme trasate cu echidistanța de 10°C. Astfel se poate stabili durata de timp în care sedimentul a subzistat în fiecare interval de temperatură. Într-un interval $\Delta T_i$ de timp, căruia îi corespunde un interval oarecare de temperatură, maturitatea cîștigată de materia organică va fi:

$$\Delta M_i = \Delta T_i \cdot r_i^n$$

în care:

$r_i^n$ este factorul de temperatură din intervalul $i$.

Cumulînd maturizarea obținută în fiecare interval de timp și de temperatură de la depunerea sedimentului și pînă acum se obține matu-

ritatea totală sau indicele termo-temporal („time temperature index") adică :

$$M = \sum_i \Delta T_i \cdot r_i^n$$

Cercetările au arătat că la valorile de $M < 15$ materia organică nu a depășit domeniul generării gazului metan de temperatură joasă, eventual biogen, valorile de $M = 15$ indică atingerea pragului de generare a petrolului, la valori de $M = 75$ sedimentul se află în faza de generare maximă a petrolului, iar cînd $M = 160$ generarea petrolului a încetat, urmînd cracarea termică a hidrocarburilor, cu producere de gaz metan termogen, din generația a II-a, proces care se încheie la valori de $M = 1\,000$.

În ceea ce privește factorul de temperatură, valoarea lui este 2 cum a propus N.V. Lopatin (1971) și a confirmat D. Waples (1980), iar valoarea coeficientului $n$ se consideră zero pentru intervalul de temperatură dintre 100 și 110°C ; pentru fiecare interval de 10° în domeniul temperaturilor mai mici el scade cu cîte o unitate și în domeniul temperaturilor mai mari el crește cu cîte o unitate (N. V. Lopatin).

4. *Calcularea indicelui termo-temporal al formațiunii cu gaze și rezultatele obținute*

Pentru calcularea indicelui termo-temporal sau de maturitate a materiei organice din formațiunea cu gaze s-au avut în vedere modelul geologic și repartiția temperaturilor în această succesiune, separat pe fiecare secvență. Pentru gradientul geotermic actual și pentru cel anterior s-a adoptat valoarea de 30°C/km, care pare a fi corectă cel puțin pentru ultima parte a istoriei acestei formațiuni. Calculele s-au efectuat în acord cu principiile expuse, iar rezultatele lor sînt prezentate în tabelul 2.

Pentru secvența inferioară (tortoniană superioară) s-a obținut un indice de aproape 23, iar pentru celelalte două, valori cu mult mai mici (2,7 și respectiv 0,6).

Erorile în determinarea valorii temperaturilor și a timpului pot introduce erori în indicele de maturizare. Erorile legate de estimarea temperaturilor sînt mici, pentru că este puțin probabil ca temperaturile la baza formațiunii cu gaze să fi depășit 130° (valoare maximă pe modelul nostru), avînd în vedere că baza formațiunii cu gaze rare ori depășește adîncimea de 3 000 m. Cît privește erorile legate de determinarea timpului, acestea sînt și mai reduse decît primele, pentru că cea mai mare influență asupra maturizării o are perioada cea mai nouă de timp (pliocenul și cuaternarul), cînd adîncimea și temperatura formațiunii cu gaze au fost maxime. Astfel, calculul a arătat că dacă vîrsta complexului tortonian ar fi cu 2 mil. ani mai lungă, celelalte elemente ale modelului rămînînd constante, creșterea valorii indicelui termo-temporal s-ar face cu numai 0,8 unități, datorîndu-se, în cea mai mare parte, suplimentărilor din domeniul temperaturilor mici și mijlocii.

*Tabelul 2*

**Calcularea indicelui de maturizare a materiei organice din Depresiunea Transilvaniei**

Complexul A (Tortonian superior)

| Intervalul de temperatură °C | Timpul de rezidență mil. ani $\Delta T_i$ | Factorul de temperatură $r^n$ | Indicele de maturizare $\Delta M = \Delta T_i \times r^n$ |
|---|---|---|---|
| 0-10 | 0.3 | $2^{-10}$ | 0.0003 |
| 10-20 | 0.4 | $2^{-9}$ | 0.0008 |
| 20-30 | 0.4 | $2^{-8}$ | 0.0016 |
| 30-40 | 0.3 | $2^{-7}$ | 0.0024 |
| 40-50 | 0.3 | $2^{-6}$ | 0.0045 |
| 50-60 | 0.4 | $2^{-5}$ | 0.0124 |
| 60-70 | 0.3 | $2^{-4}$ | 0.0186 |
| 70-80 | 0.3 | $2^{-3}$ | 0.0375 |
| 80-90 | 0.4 | $2^{-2}$ | 0.1000 |
| 90-100 | 0.4 | $2^{-1}$ | 0.2000 |
| 100-110 | 2.2 | 1 | 2.2000 |
| 110-120 | 7.5 | 2 | 15.0000 |
| 120-130 | 1.3 | $2^2$ | 5.2000 |
| | | | $\sum \Delta T_i \times r_i^n = 22.7781$ |

Complexul B (Bugloviani)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0-10 | 0.3 | $2^{-10}$ | 0.0003 |
| 10-20 | 0.3 | $2^{-9}$ | 0.0006 |
| 20-30 | 0.3 | $2^{-8}$ | 0.0012 |
| 30-40 | 0.3 | $2^{-7}$ | 0.0024 |
| 40-50 | 0.3 | $2^{-6}$ | 0.0045 |
| 50-60 | 0.3 | $2^{-5}$ | 0.0090 |
| 60-70 | 0.3 | $2^{-4}$ | 0.0186 |
| 70-80 | 2.3 | $2^{-3}$ | 0.2875 |
| 80-90 | 7.6 | $2^{-2}$ | 1.9000 |
| 90-100 | 1.0 | $2^{-1}$ | 0.5000 |
| | | | $\sum \Delta T_i \times r_i^n = 2.7244$ |

Complexul C (Sarmațian)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0-10 | 0.3 | $2^{-10}$ | 0.0003 |
| 10-20 | 0.3 | $2^{-9}$ | 0.0006 |
| 20-30 | 0.2 | $2^{-8}$ | 0.0008 |
| 30-40 | 0.2 | $2^{-7}$ | 0.0016 |
| 40-50 | 1.6 | $2^{-6}$ | 0.0240 |
| 50-60 | 1.6 | $2^{-5}$ | 0.0491 |
| 60-70 | 2.3 | $2^{-4}$ | 0.1436 |
| 70-80 | 0.5 | $2^{-3}$ | 0.0625 |
| | | | $\sum \Delta T_i \times r_i^n = 0.5915$ |

Dacă însă repartiția paleotemperaturilor ar fi fost controlată de un gradient mai mare, care, cum s-a arătat, nu poate fi astăzi determinat, creșterea indicelui de maturitate ar deveni importantă în situația cînd gradientul termic crescut s-ar plasa în ultimele 8 mil. de ani.

5. *Interpretarea rezultatelor*

Valorile indicelui termo-temporal sînt foarte reduse pentru toate complexele formațiunii cu gaze. La nivelul tortonianului superior, secvența cea mai veche și mai adîncă (și în mod special la nivelul bazal al secvenței acoperit de o cuvertură completă), indicele de maturitate se ridică abia la 23 (dacă temperaturile luate în calcul nu sînt exagerate), deci puțin peste valoarea de prag la care începe generarea petrolului. Cu atît mai mici sînt indicii bugloviianului și sarmațianului, care sugerează o evoluție termică primitivă a materiei organice, inaptă să genereze volume semnificative de gaz metan. Astfel, principalul generator de metan este tortonianul superior, deși grosimea lui este mai redusă decît a celorlalte două subdiviziuni dar randamentul reacțiilor de maturizare a materiei organice a fost superior. După valorile indicelui de maturizare se poate concluziona că în terenurile tortonianului superior

metanogeneza a început la scară mare în momentul cînd rocile pelitice tortoniene au atins temperatura de circa 100°C, ceea ce s-a petrecut cu circa 11 mil. ani în urmă, adică cu puțin înaintea începerii depozitării pliocenului; în inferior. Acest moment a însemnat o revenire a depozitelor în domeniul temperaturilor mai mici cu cel puțin 10°C, regimul termic anterior reinstalîndu-se după circa 2 mil. ani și doar în părțile centrale ale bazinului. Acest timp

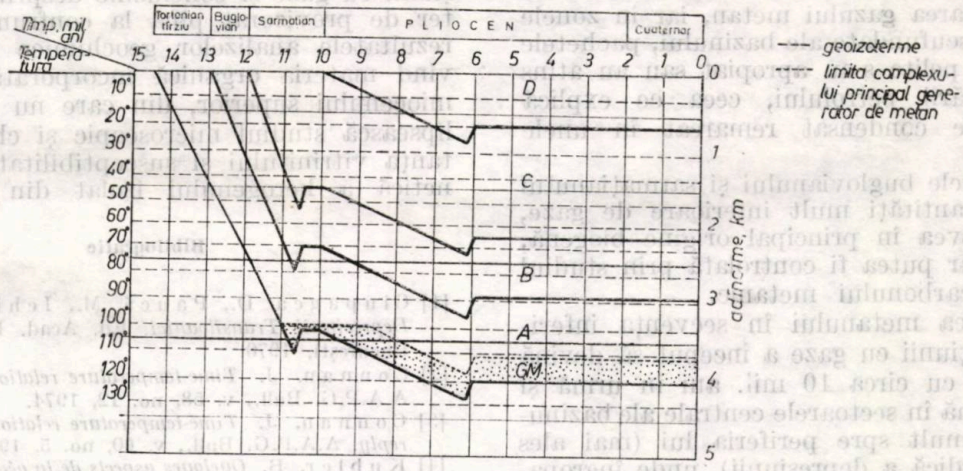



Fig. 3. Evoluția geologică și termică a formațiunii cu gaze din Depresiunea Transilvanici:
A — tortonian; B — buglovian; D — pliocen + cuaternar; GM — complexul principal generator de metan

ezent metanogeneza în depozitele tortonianu-i tîrziu se află în stadiul final, dar în buglo-ian și în sarmațian ea se află în faza inițială, au poate că în sarmațian alterația termală ici nu a început încă, atît din cauza temperaturilor mai reduse, cît și a tinereții sedimentelor. Pentru că totuși buglovianul și sarmațianul cuprind acumulări de gaz metan, acesta nu poate proveni decît parțial prin migrația din tortonian și parțial din activitatea biologică. Oricum, gazul metan din buglovian și sarmațian nu poate fi termo-temporal autohton.

În părțile cele mai adînci ale bazinului și în apropierea zonei cu erupțiuni neogene, unde temperaturile depozitelor miocene superioare au putut fi mai ridicate în trecut, indicele de maturizare a pelitelor tortoniene atinge pragul de începere a generării petrolului. Dacă acesta este un fapt real, atunci apare o explicație plauzibilă pentru conținutul de condensat din orizonturile mai adînci ale tortonianului, semnalat de unii cercetători (D. Ciupagea, M. Paucă și T. Ichim 1970), anume că acest condensat nu ar reprezenta un filtrat lichid din terenurile pretortoniene în cele tortoniene realizat pe linii de fractură, ci un produs autohton format într-o conjunctură termo-temporală la limită.

Informațiile rezultate din această analiză, coroborate cu lipsa petrolului în succesiunea tortoniană-sarmațiană, pun în evidență momentul critic cel mai important din istoria mai nouă a Depresiunii Transilvaniei privind formarea hidrocarburilor, și anume acela din sarmațianul superior, cînd subsidența a fost înlocuită cu o mișcare de ridicare și de eroziune în timpul sarmațianului superior și al meoțianului „pierdut" a întîrziat foarte mult procesele de degradare termică a materiei organice și nu a mai putut fi recuperat din cauză că întîrzierea s-a făcut prea aproape de zilele noastre. Dacă n-ar fi intervenit ridicarea din sarmațianul tîrziu și subsidența ar fi fost continuă de la sarmațian la pliocen, astăzi depozitele tortoniene ar fi avut un indice de maturizare cel puțin dublu față de actuala valoare, ceea ce ar fi plasat secvența tortoniană în „fereastra de generare a petrolului", iar secvențele buglovian și sarmațiană ar fi dobîndit o maturitate mai înaltă decît cea actuală, apropiată de „pragul generării petrolului" și prin urmare însușiri metanogenetice mult superioare.

Pe de altă parte, dacă faza de ridicare s-ar fi prelungit cu circa 3 mil. ani, alterarea materiei organice din pelitele tortoniene ar fi fost foarte redusă, iar productivitatea acestei secvențe ar fi avut o valoare apropiată de cea actuală din buglovian.

## Concluzii

Din analiza efectuată asupra evoluției formațiunii cu gaze din Depresiunea Transilvaniei se desprind cîteva concluzii mai importante.

1. Succesiunea tortonian-sarmațiană este generatoare de gaz metan, cum a arătat încă în urmă cu peste 50 de ani L. Mrazec. Argumentele care susțin această afirmație sînt: abundența resturilor vegetale terestre, care conferă kerogenului caracter humic, prin excelență gazogen și valori pentru indicele termo-temporal de alterația materiei organice, care plasează formațiunea cu gaze în domeniul diagenezei (epidia-

genezei), înainte de pragul de generare a petrolului.

2. Succesiunea tortoniană tîrzie, sau mai exact jumătatea ei inferioară, se distinge față de celelalte două succesiuni ulterioare printr-o productivitate cu mult mai mare în ceea ce privește formarea gazului metan, iar în zonele centrale mai scufundate ale bazinului, pachetele inferioare de pelite s-au apropiat sau au atins pragul generării petrolului, ceea ce explică conținutul de condensat remarcat în unele cazuri.

3. Complexele buglovianului și sarmațianului au generat cantități mult inferioare de gaze, care par a avea în principal origine biogenă, origine care ar putea fi controlată prin studiul izotopic al carbonului metanic.

4. Generarea metanului în secvența inferioară a formațiunii cu gaze a început să devină semnificativă cu circa 10 mil. ani în urmă și ea este maximă în sectoarele centrale ale bazinului, slăbind mult spre periferia lui (mai ales în partea nordică a depresiunii), unde îngroparea a fost mai slabă și evoluția termică a materiei organice mai lentă.

5. Subsidența accentuată a bazinului în miocenul superior ar fi asigurat una dintre condițiile fundamentale ale generării petrolului în tortonian și ale generării abundente a metanului în buglovian și în sarmațian, dar întreruperea ei și ridicarea produsă la finele sarmațianului au constituit un moment critic, care a întîrziat substanțial procesul de convertire a materiei organice în hidrocarburi.

6. Pelitele bugloviene și sarmațiene continuă și în prezent să genereze metan biogen, eventual de joasă temperatură, cu rate de productivitate foarte scăzute și nesemnificative.

Rezultatele analizei efectuate asupra formațiunii cu gaze și concluziile desprinse au caracter de provizorat pînă la confruntarea lor cu rezultatele analizelor geochimice speciale privind materia organică încorporată în pelitele miocenului superior, din care nu ar trebui să lipsească studiul microscopic și chimic, reflectanța vitrinitului și susceptibilitatea paramagnetică a kerogenului izolat din rocă.

**Bibliografie**


[1] Ciupagea, D., Paucă, M., Ichim, T. *Geologia Depresiunii Transilvaniei*. Ed. Acad. R. S. România, București, 1970.

[2] Connan, J. *Time-temperature relation in oil genesis*. A.A.P.G. Bull., v. 58, no. 12, 1974.

[3] Connan, J. *Time-temperature relation in oil genesis: reply*. A.A.P.G. Bull., v. 60, no. 5, 1976.

[4] Kubler, B. *Quelques aspects de la géochimie organiqu dans la prospection des hydrocarbures*. Rév. Inst. Fr du Pétrole, vol. XXXV, no. 2, 1980.

[5] Lopatin, N. V. *Temperatura i gheologhiceskoe vr mia kak faclori v uglefikații*. Iz. Akad. Nauk SSS Ser. gheol., no. 3, 1971.

[6] Paraschiv, D. *Geologia zăcămintelor de hidrocarbur din România* Inst. Geol. și Geofiz., St. tehn.-econ., ser. A no. 10, 1975, București.

[7] Rice, D. D., Claypool, G. E. *Generation, accumulation and resource potential of biogenic gas*. A.A.P.G. Bull., v. 65, no. 1, 1981.

[8] Waples, D. W. *Time and temperature in petroleum formation: aplication of Lopatin's method to petroleum exploration*. A.A.P.G. Bull., v. 64, no. 6, 1980.


# Studiul optic al substanței organice din depozitele neogene ale promontoriului Bordei Verde cu privire specială asupra condițiilor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi (I)

## I. Roci-sursă


Geol. **N. Baltеș**
I.C.P.P.G. Cîmpina


### Introducere

Vasta acțiune de explorare a unor noi acumulări de hidrocarburi din România a evidențiat potențialul petrogazeifer al depozitelor neogene din estul Platformei moesice, activitate care a impus, ca o preocupare permanentă, cercetarea din ce în ce mai amănunțită a proceselor și mecanismelor prin care acumulările au luat naștere.

Deși regiunea este bine cunoscută geologic prin sonde, structurile productive confirmînd aceasta, se apreciază că ea mai poate oferi încă perspectiva localizării unor noi acumulări în sectoare mai puțin sau nesistematic investigate.

Deoarece promontoriul Bordei Verde—Stăncuța este principalul element structural din estul Platformei, poziția, extinderea, amploarea și raporturile sale cu fundamentul determinînd evoluția geologică a întregii regiuni, implicit formarea acumulărilor de hidrocarburi, s-a considerat că sectorul respectiv satisface, în cea mai mare măsură, rigorile unui studiu palino-

logic complex, în vederea obținerii de informații suplimentare privind condițiile în care s-au format acumulările de țiței și gaze.

Pornindu-se de la premiza potrivit căreia în aprecierea perspectivelor de hidrocarburi ale unei regiuni sînt imperios necesare identificarea rocilor generatoare, precizarea etapelor și căilor de migrație ale hidrocarburilor posibil generate ca și posibilitățile de acumulare și conservare a fluidului în rezervor, lucrarea de față sintetizează toate informațiile palinologice din zona promontoriului Bordei Verde, completîndu-le cu noi date și interpretîndu-le într-o manieră modernă, cu scopul principal de a evidenția condițiile de bază în formarea zăcămintelor neogene din acest sector. Lărgindu-se considerabil aria de cercetare, atît la formațiuni preneogene cît și în sectoare limitrofe, s-a reușit obținerea unei imagini globale a perspectivelor de hidrocarburi pe care le poate oferi întreaga extremitate estică a Platformei moesice, subliniindu-se și unele aspecte particulare privind procesele de formare a zăcămintelor de hidrocarburi, observații utile pentru aria cercetată ca și în afara acesteia (fig. 1).

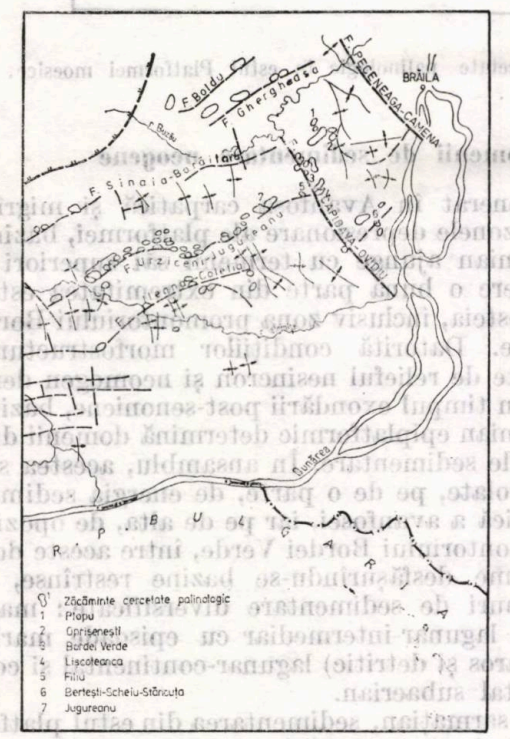



Fig. 1. Distribuirea acumulărilor de hidrocarburi din estul Platformei moesice și zăcămintele cercetate palinologic (după D. Paraschiv, 1979).

Cercetarea complexă de laborator se practică cu succes pe plan mondial în caracterizarea posibilităților petro-gazeifere ale unor bazine sedimentare și, îndeosebi, pentru prognozarea de noi rezerve de hidrocarburi. Cu toate acestea, materialele publicate sînt relativ puține, cauza principală datorîndu-se, probabil, implicațiilor economice pe care aceste studii le pot genera, putîndu-se totuși menționa lucrări care, într-un mod mai larg sau mai restrîns, tratează problema formării unor zăcăminte de hidrocarburi în maniera de lucru abordată prin materialul de față, cum sînt cele referitoare la bazinele Gulf Coast — S.U.A. [15], Illizi — Algeria [22] grabenul superior al Rinului [9], Bazinul Parisului [14] Uinta — S.U.A. [23], Japonia [2], Atlanticul de nord [10] ș.a.

În țara noastră tratarea complexă a căilor de formare a unor zăcăminte de hidrocarburi se practică în mod sistematic în activitatea geologică petrolieră, ea stînd la baza asigurării permanente cu proiecte pentru noi lucrări. Cercetarea palinologică complexă, utilizată în același scop, s-a dezvoltat în ultimii ani, completînd bogatul fond de informații obținute prin sonde, cu numeroase și utile date noi. Un aspect care facilitează înțelegerea proceselor de migrație, extrem de dificile de reconstituit prin mijloacele geologiei convenționale, este abordat prin analiza palinologică a apelor de zăcămînt, metodologie eficientă, derivată din analiza țițeiului brut, cu efecte directe asupra cunoașterii modului de acumulare a hidrocarburilor migrate.

Existînd precedentul unor lucrări de cercetare (nepublicate) cu caracter metodologic și de introducere în diverse probleme specifice geologiei cum sînt : zona cutelor diapire din Muntenia, flancul nordic al Avanfosei Carpaților Meridionali, zona de contact a Depresiunii getice cu Platforma moesică, sectorul central al Depresiunii panonice, se subliniază, între altele, necesitatea cunoașterii prealabile a potențialului generator în regiunea considerată, element care conduce direct la urmărirea căilor și etapelor de migrație, totdeauna specifice și la schițarea condițiilor generale de formare a acumulărilor.

Adoptîndu-se o metodologie complexă de laborator descrisă cu alte ocazii [3; 6; 8] și incluzîndu-se întreaga stivă de depozite din promontoriu și ariile limitrofe, s-au adus unele precizări privitoare la rocile-sursă și potențialul lor, a condițiilor de migrare și acumulare.

## Indicele de metamorfism organic (IMO)

Rezultat din cumularea mai multor parametri palinologici, IMO a reprezentat un criteriu de bază în aprecierea potențialului petroligen în zona promontoriului Bordei Verde. Urmărit în funcție de adîncime, între 300 și 3 500 m și de la dacian pînă la fundamentul paleozoic, IMO prezintă următoarele caracteristici principale : crește, în general, cu adîncimea, cu o rată redusă în cadrul aceleiași formațiuni și mai mare sau foarte mare cînd sonda străbate formațiuni din ce în ce mai vechi; pentru depozitele neogene, majoritatea valorilor

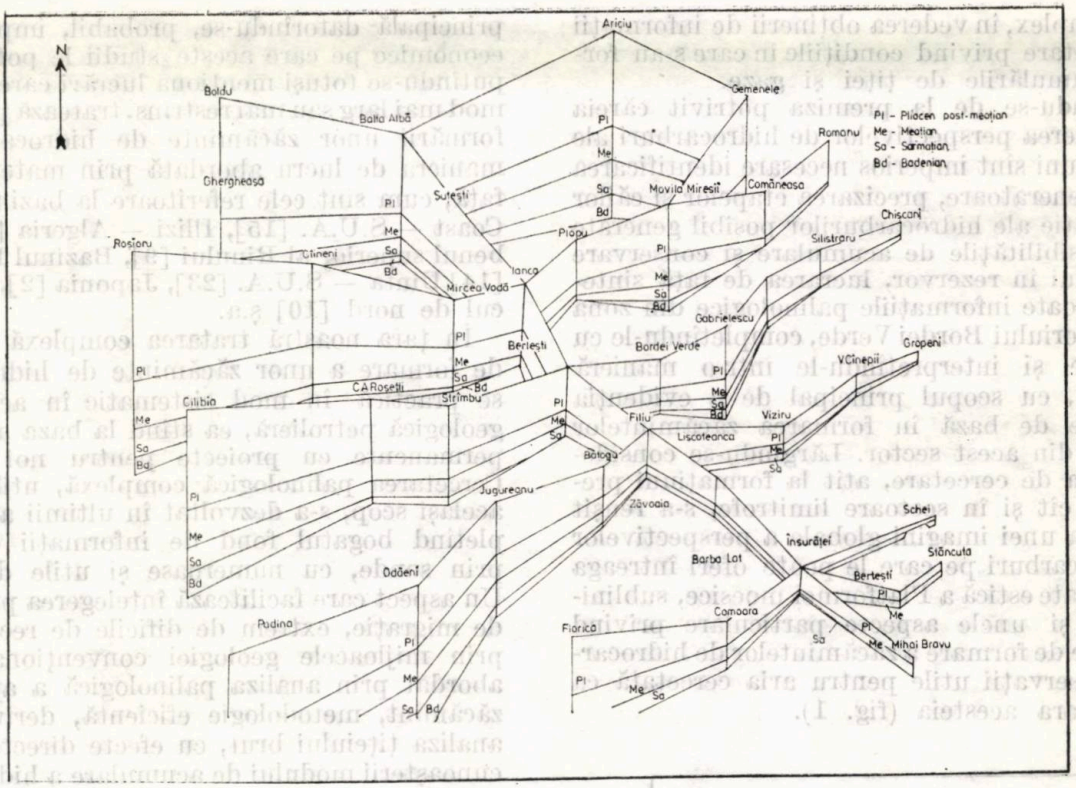



Fig. 2. Secţiuni schematice cu răspîndirea depozitelor neogene cercetate palinologic în estul Platformei moesice.

IMO se plasează între 1,60 (dacian) şi 3 (sarmaţian-badenian) limita din jurul căreia începe generarea hidrocarburilor, pînă la adîncimi de circa 1 500 m. Sub aceasta, pînă la circa 2 100 m intră în zona generării gazelor, pentru ca pînă la circa 2 600 m să se plaseze în zona de generare a ţiţeiului. Excepţie face sonda 6 Măzăreni care, la 2 000 m în dacian, se apropie de faza de generare a gazelor, între 2 300 şi 2 650 m în meoţian, se află în faza de generare a gazelor, la aproape 2 900 m se găseşte în sarmaţianul inferior, în zona de generare masivă a gazelor şi începutul generării ţiţeiului, iar la 3 000 m, ultima carotă în paleozoic indică, prin valori de peste 4,20, un metamorfism sever, incompatibil cu generarea oricărui tip de hidrocarburi. Acest sector pare să reprezinte depocentrul bazinului neogen unde s-au întrunit cele mai bune condiţii de generare la badenianul şi sarmaţianul de sub 2 000 m.

În sectorul Lişcoteanca-Bordei Verde, la care se adaugă aria cercetată prin sondele 12 Silistraru şi 67 Gropeni, s-a remarcat un segment de adîncime redusă, în jur de 1 350 m, în care depozitele meoţiene (parţial), sarmaţiene, badeniene şi jurasice superioare (sonda 692), manifestă, surprinzător, un IMO în jur de 3,25, apt de generarea masivă a gazelor şi slabă a ţiţeiului.

## Domenii de sedimentare neogene

Generat în Avanfosa carpatică şi migrînd spre zonele depresionare ale platformei, bazinul badenian ajunge cu termenii săi superiori să acopere o bună parte din extremitatea estică a acesteia, inclusiv zona promontoriului Bordei Verde. Datorită condiţiilor morfostructurale oferite de relieful nesincron şi neomogen denudat în timpul exondării post-senoniene, bazinul badenian epiplatformic determină domenii diferite de sedimentare. În ansamblu, acestea sînt controlate, pe de o parte, de energia sedimentologică a avanfosei, iar pe de alta, de opoziţia promontoriului Bordei Verde, între aceste două extreme desfăşurîndu-se bazine restrînse, cu regimuri de sedimentare diversificate: marin ferm, lagunar-intermediar cu episoade marine (calcaros şi detritic) lagunar-continental şi continental subaerian.

În sarmaţian, sedimentarea din estul platformei deşi este marcată în continuare de tendinţa de ridicare uşoară a acesteia în sud, suprafaţa acoperită de ape este mai mare decît în badenianul superior, fapt confirmat de zonele emerse, limitate numai la sectorul Silistraru-Brăila. Conţinutul palinologic, dacă nu mai bogat cantitativ, este mai variat taxonomic decît cel badenian, permiţînd separarea mai multor palinofaciesuri şi domenii de sedimentare. Alterarea caracterelor marine în favoarea celor lagunare,

salmastre şi continental-salmastre, urmează o evoluţie temporală, primele caracterizînd trecerea de la badenian la volhinian, ultimele, bessarabianul. Astfel, evoluţia bazinului sarmaţian este reflectată succesiv de domeniile marin, că aria sedimentară meoţiană continuă într-o anumită măsură stilul de sedimentare al domeniilor salmastre şi continental-salmastre din sarmaţian. Unele roci calcaroase din structurile Bordei Verde şi Lişcoteanca pot sugera influenţe

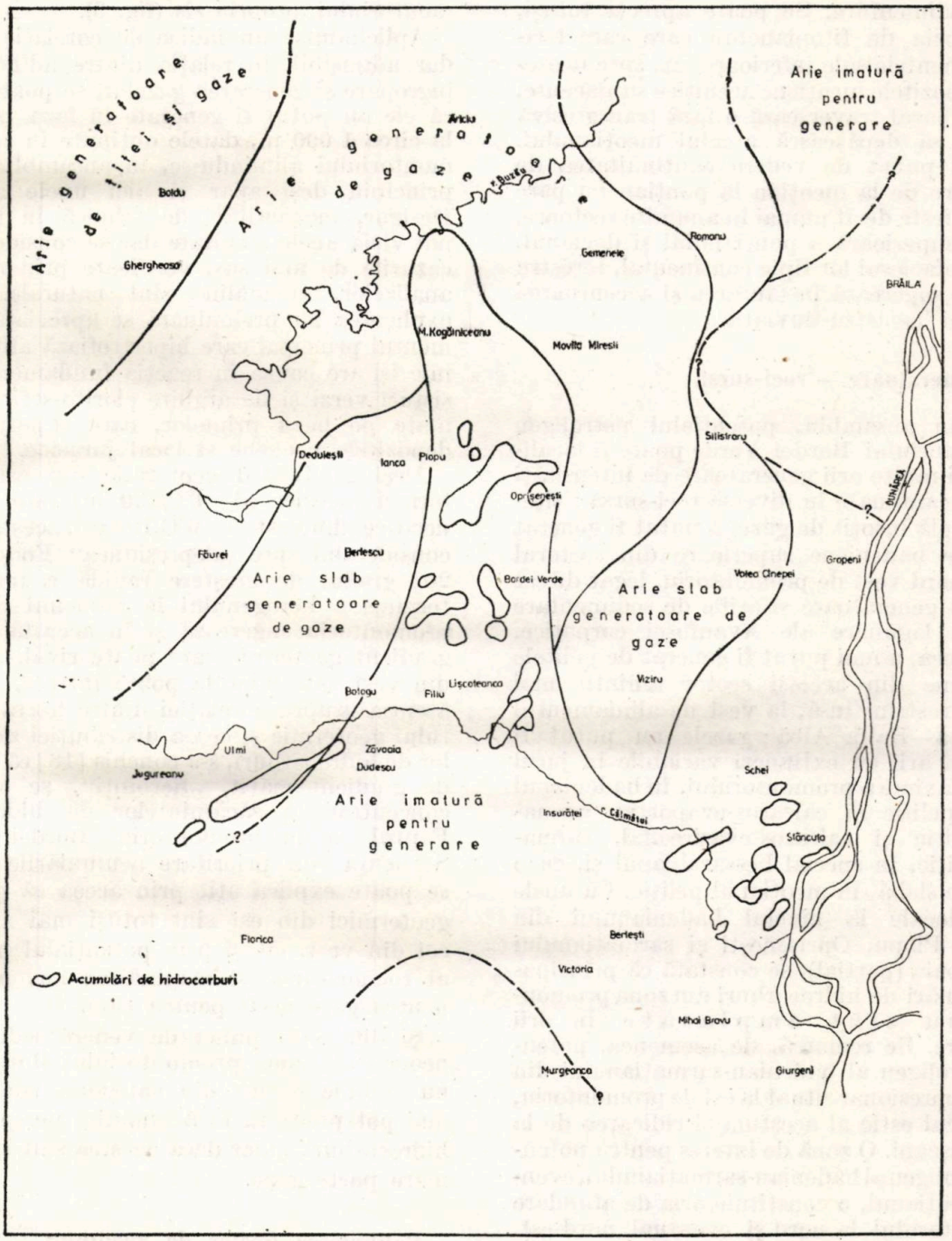



Fig. 3. Răspîndirea unor arii posibil generatoare de hidrocarburi în sarmaţianul inferior şi mediu din estul Platformei moesice (după date palinologice).

lagunar (intermediar, propriu-zis şi salmastru), salmastru şi continental.

Meoţianul, deşi variat litologic, nu a permis conturarea unor palinofaciesuri cu repartiţie areală distinctă. În general, se poate aprecia ale domeniului lagunar. Cert este însă că, spre partea superioară, bazinul meoţian din zona promontoriului şi mai ales în sectorul de la est de aceasta, manifestă tendinţe lacustro-fluviatile, confirmate de un palinofacies carac-

teristic, alcătuit, practic, în exclusivitate, din elemente de apă dulce şi terestre (Silistraru, Valea Cînepei, Viziru, Schei, Stăncuţa, Mihai Bravu etc.).

Ponţianul nu beneficiază de un volum de analize satisfăcător pentru urmărirea domeniilor sale de sedimentare. Se poate aprecia totuşi, prin explozia de fitoplancton care caracterizează segmentele sale inferioare, că, spre deosebire de depozitele meoţiene arenitice subjacente, ponţianul bazal traversează o fază transgresivă care pare să depăşească arealul meoţianului. Din acest punct de vedere continuitatea de sedimentare de la meoţian la ponţian nu pare să se manifeste decît numai în anumite sectoare.

Partea superioară a ponţianului şi dacianul, prin palinofaciesul lor tipic continental, terestru şi acvatic, sugerează instaurarea şi accentuarea domeniului lacustru-fluviatil.

### Arii generatoare — roci-sursă

Privit în ansamblu, potenţialul petroligen al promontoriului Bordei Verde poate fi localizat în mai multe arii generatoare de intensităţi variabile, cantonate în diverse roci-sursă : ţiţeiul, de regulă însoţit de gaze, a putut fi generat de pelitele badeniene superioare din sectorul situat la nord-vest de promontoriu, legat direct de energia generatoare şi ariile de sedimentare marine şi lagunare ale Avanfosei carpatice. De asemenea, a mai putut fi generat de pelitele bessarabiene din acelaşi sector amintit mai sus, mult restrîns însă, la vest de aliniamentul Ghergheasa—Balta Albă ; gazele au putut fi formate în arii cu extinderi variabile în jurul ridicării maxime a promontorului, în badenianul superior pelitic şi calcaros-evaportic, sarmaţianul pelitic şi calcaros-evasirecifal, sarmaţianul pelitic, în special bessarabianul şi, cu o intensitate slabă, în meoţianul pelitic. Cu unele excepţii locale la nivelul badenianului din sectoarele Plopu, Oprişeneşti şi sarmaţianului de la Zăvoaia (parţial), se constată că principalele acumulări de hidrocarburi din zona promontoriului nu sînt amplasate în arii generatoare. Se remarcă, de asemenea, potenţialul petroligen al badenian-sarmaţianului din sectorul depresionar situat la est de promontoriu, între flancul estic al acestuia şi ridicarea de la Brăila-Chişcani. O zonă de interes pentru potenţialul petroligen al badenian-sarmaţianului, eventual şi meoţianul, o constituie aria de afundare a promontorului la nord şi eventual nord-est, unde unele indicaţii obţinute cu această ocazie sînt încurajatoare.

Examinînd schiţele de hartă cu răspîndirea ariilor posibil generatoare în neogenul zonei promontoriului Bordei Verde se constată că, în general, principiul amintit mai sus este aplicabil, cu unele excepţii. Badenianul superior şi sarmaţianul, presupuse generatoare de ţiţei, au fost detectate la adîncimi între 2 313 m (69 Movila Miresei, sarmaţian) şi 3 298 m (4 Ariciu, sarmaţian) cu adîncimi intermediare pentru badenian (2 752 m, 1 Comăneasa ; 2 603 m, 1 Măzăreni ; 2 500 m, 592 Cireşu etc.). De notat că toate aceste sonde se află în jurul promontoriului propriu-zis (fig. 3).

Aplicîndu-se un indice de corelaţie arbitrar dar admisibil, în relaţia dintre adîncimea de îngropare şi generarea gazelor, se poate admite că ele au putut fi generate în faza pre-petrol la circa 1 000 m, datele obţinute în zona promontoriului aliniindu-se, în ansamblu, acestui principiu deşi apar şi aici unele anomalii. Desigur, inexactităţi de tehnică în laborator pot vicia unele rezultate dar se consideră că în cazurile de mai sus, verificate prin repetarea analizelor, anomaliile sînt naturale. Pentru explicarea lor preliminară se apreciază că elementul principal care hipertrofiază afluxul termic îşi are cauza în reacţia fundamentului de şisturi verzi şi de argilite clorito-sericitice formate pe baza primelor, care suportă direct depozitele neogene şi local jurasice.

Deşi gradientul geotermic din estul Platformei moesice (3—4°C/100 m) este mai mic decît cel din vest (5—6°C/100 m), acesta scăzînd considerabil spre „depresiunea" Focşani [18 ; 20] gradul de creştere rapidă a maturizării termice a kerogenului la adîncimi reduse în promontoriu sugerează şi în această zonă un gradient geotermic care poate rivaliza cu cele din vest sau chiar le poate întrece. Atrăgînd atenţia asupra corelaţiei dintre harta gradientului geotermic şi cea a distribuţiei zăcămintelor de hidrocarburi, s-a conchis [18] că în zonele de gradient mărit, „fierbinţi", se observă o concentrare a zăcămintelor de hidrocarburi. Faptul că în promontoriul Bordei Verde—Stăncuţa sînt prioritare acumulările de gaze, se poate explica atît prin aceea că gradienţii geotermici din est sînt totuşi mai mici decît cei din vest, cît şi prin potenţialul petroligen al rocilor-sursă şi răspîndirea lor, mai mare pentru gaze decît pentru ţiţei.

Şi din acest punct de vedere sedimentarul neogen din zona promontoriului Bordei Verde nu trebuie exclus din categoria zonelor care mai pot prezenta încă anumite perspective de hidrocarburi, chiar dacă acestea sînt în cea mai mare parte gaze.

### Palinologia apelor de zăcămînt

În zona promontoriului Bordei Verde, prin analiza a circa 160 eşantioane provenite din zăcăminte de importanţă, acumulări modeste sau numai din ape „de zăcămînt" fără ţiţei, s-au evidenţiat aspecte foarte interesante care se prezintă, rezumativ, în continuare.

*Ape de zăcămînt meoțiene*

Reflectînd, prin numărul mare de analize, atît frecvența acumulărilor din aceste colectoare, cît și diferitele situații geologice în care ele se află, apele de zăcămînt meoțiene au permis extragerea, aproape fără excepție, a unui conținut palinologic bogat și variat calitativ, care conține specimene meoțiene (majoritatea), sarmațiene, badeniene și paleogene, ultimele — o prezență surprinzătoare în rezervoarele meoțiene. Elementele paleogene apar încă din acumulările identificate prin sonda 522 Plopu și se mențin la Oprișenești, Bordei Verde, Lișcoteanca, Filiu, continuînd să apară la Jugureanu, Padina, Colelia etc., evidențiind cîteva aspecte de detaliu care pot prezenta interes. Astfel, tipurile eocene, deși afectate de o anumită deteriorare mecanică, par să se distribuie cu precădere în aria (sud)-vestică a promontoriului, în timp ce tipurile oligocene apar, practic, numai la nord de Filiu și Lișcoteanca. De subliniat că în mai multe ape meoțiene s-au determinat, la microscopul electronic stereoscopic, colonii de bacterii fosile întîlnite în majoritatea rocilor generatoare oligocene din Avanfosa carpatică.

*Ape de zăcămînt sarmațiene*

Mult mai restrînse ca repartiție decît precedentele, reflectînd fidel frecvența și repartiția zăcămintelor de hidrocarburi, au fost analizate palinologic în structurile Oprișenești, Bordei Verde, Lișcoteanca, Stăncuța și în cîteva sectoare periferice promontoriului, pentru comparație, ca Silistraru, Ariciu, Tepu și Urziceni. În sondele de pe promontoriu apele sarmațiene de zăcămînt conțin o asociație cu procentaje ridicate (70—80%) și variată taxonomic, sarmațiană, reflectînd participarea materialului organic din colectorul respectiv. O parte din materialul microvegetal prezintă valori IMO maxime de 3,2, reprezentînd valoarea medie a depozitelor sarmațiene fără posibilități generatoare, plasate în jurul adîncimii de 1 000 m. O altă parte însă, manifestă valori IMO medii de 3,5 sugerînd, cel puțin pentru unele sectoare, reale posibilități generatoare.

Apele rezervoarelor sarmațiene conțin, de asemenea, tipuri badeniene întîlnite frecvent în sondele din nordul promontoriului, mai puțin spre Lișcoteanca și rar la Stăncuța; aproape în toate cazurile au un IMO (3,2—3,9) caracteristic pentru generarea hidrocarburilor. De semnalat la Plopu, Oprișenești și Bordei Verde prezența unor resturi de dino și silicoflagellate badeniene inferioare.

Cele mai vechi specimene alohtone sînt cele cretacice identificate în cîteva sonde de la Bordei Verde. Ele nu prezintă IMO corespunzător unei eventuale generări de hidrocarburi. Situația este practic identică dar la scară redusă cu cele de la Jugureanu, Amara și alte structuri din afara promontoriului.

*Ape de zăcămînt cretacice inferioare*

Fără a face parte din obiectivele propriu-zise ale acestui studiu dar legate de evoluția geologică generală a Platformei moesice de est și condițiile în care s-au format acumulările de hidrocarburi, apele din colectoarele cretacice inferioare au oferit informații interesante contribuind la mai buna înțelegere a mecanismelor de migrație și acumulare a hidrocarburilor. Provenite din cîteva rezervoare de pe aliniamentul Jugureanu—Odăeni—Padina—Lipănești și din sectorul Urziceni, au prezentat un conținut microfloristic extrem de variat specific domeniilor de sedimentare cretacice din sud-estul Platformei moesice [4; 5] în care sînt prezente cîteva importante grupe stratigrafice mai vechi decît colectoarele (lucrarea în curs de elaborare).

*Ape de zăcămînt paleozoice*

Obiectiv a numeroase presupuneri, comentarii și ipoteze în legătură cu originea lor, hidrocarburile paleozoice aparținînd gresiilor din complexul argilitic clorito-sericitic cambro-ordovician din substrat, au fost atent urmărite făcîndu-se abstracție de unele observații anterioare, considerate întîmplătoare. Adoptîndu-se o metodologie modificată de preparare a apelor pentru analiză, în sensul asigurării unei permanente comparări cu conținutul în insolubil organic al țițeiului asociat, s-a reușit recuperarea unei cantități sporite de microfloră și kerogen care a fost supusă analizei optice complexe. Sub aspect stratigrafic, singurele tipuri determinabile aparțin neogenului și mai ales meoțianului, în proporții neprecizate, unele din ele purtînd amprenta apartenenței la o eventuală rocă sursă (T * 65—70% și IMO 3,5—4%). Nu s-au făcut analize pe grupe stratigrafice de sporomorfe, materialul determinabil fiind insuficient. Observații interesante, chiar mai complete decît cele de mai sus, au fost posibile prin studiul optic al detritusului vegetal și insolubilului organic, extrase din ape și țițeiuri, același, probabil, cu cel studiat în secțiunile subțiri și care formează kerogenul. În ansamblu, acest conținut organic este format din două categorii distincte de material.

● Fracțiunea care pare să aibă și o participare prioritară, compusă din fragmente extrem de fine (1—2 microni) de substanță organică de culoare neagră, cu densitatea de 2,1. Concentrată în pastile, șlefuită și examinată la microscop, a indicat valori ridicate de reflectanță și IMO, foarte asemănătoare cu materialul din rocile consolidate din același segment.

* Translucență

• A doua fracțiune, net diferită de prima, este reprezentată de un material organic cu densitatea 1,9—2,05, foarte variat calibrat, de culoare, în general, brună, principalii parametrii de studiu optic indicînd o transformare în stadiul diagenetic, apropriată de cea a depozitelor neogene suprajacente. Se apreciază că materialul primei categorii reprezintă fondul organic inițial al sedimentelor paleozoice inferioare, în cuprinsul căruia s-a insinuat mult mai tîrziu, în pliocen, materialul organic al categoriei secunde. Agentul transportor al acestui curios (la prima vedere) amestec de substanță organică, nu putea fi decît un fluid activ, penetrant, cu putere de circulație și capacitate de dizolvare ridicate, respectiv hidrocarburile și apa asociată. Procesul devine verosimil și din punct de vedere geologic dacă se menționează că aceste acumulări de hidrocarburi se găsesc aproape fără excepție în zona de contact pliocen/paleozoic, situație observată uneori chiar în aceeași carotă (sonda 371 Bertești, 510 m). Această zonă de contact este de fapt, suprafața de alterație a paleozoicului emers, acoperită în timpul transgresiunii neogene, suprafață care și-a păstrat, pe o grosime mai mare sau mai mică, capacitatea de absorbție.

Din interpretarea de ansamblu a conținutului palinologic din apele zăcămintelor din promontoriul Bordei Verde—Stăncuța, rezultă ca o concluzie generală că acumulările de hidrocarburi, indiferent de vîrsta rezervorului, prin contaminarea lor naturală cu elemente alohtone, nu sînt „în loc" ci formate prin acceptare, respectiv secundare, cel puțin.

## Concluzii

Bogatul material de cercetare elaborat în cadrul studiului de față a făcut posibilă completarea cu numeroase date a cunoașterii geologice a promontoriului Bordei Verde—Stăncuța, reprezentînd o nouă etapă în activitatea de dezvoltare a bazei energetice proprii.

Adoptîndu-se, conform programelor naționale prioritare de cercetare, noi metodologii de laborator și interpretare, s-a reușit obținerea unei imagini mai complete a condițiilor în care au putut lua naștere principalele acumulări din regiune, rezultînd, implicit, noi direcții posibile de investigare geologică pentru viitor.

Dintre rezultatele și concluziile mai importante ale acestui studiu se detașează următoarele.

• Tentativa de utilizare a unor hărți ale domeniilor de sedimentare badeniene și sarmațiene, întocmite după palinofaciesuri, pentru prima dată la noi în țară, s-a dovedit corespunzătoare, întregind imaginea spațială a dezvoltării unor posibile roci-sursă. Datele de analiză, interpretate în contextul mediilor de depunere la diferite nivele stratigrafice din neogen, au permis stabilirea stadiului de maturizare a substanței organice, implicit posibilitățile de generare a hidrocarburilor, calitatea și potențialul lor.

• Metamorfismul materialului organic este sever (catagenetic tîrziu) pentru depozitele paleozoice, puternic/sever (catagenetic) pentru cel cretacic cu unele excepții în sectoarele de la vest de promontoriu, moderat/puternic (catagenetic timpuriu) pentru badenian și sarmațian, în această categorie putînd fi inclus și jurasicul superior, moderat (diagenetic tîrziu) pentru sarmațian și parțial meoțian și incipient (diagenetic timpuriu) pentru meoțian, ponțian și probabil restul depozitelor pliocene.

• Principalele roci generatoare de hidrocarburi din zona promontoriului, în care s-au inclus și arii limitrofe, sînt, în ordinea potențialului: pelitele badeniene și sarmațiene (preponderent bessarabiene) de factură carpatică din sectoarele nord-vestic și nord al promontoriului, pentru țiței și gaze; pelitele badeniene și în special sarmațiene din depresiunea complexă Movila Miresei, pentru țiței și în special gaze; pelitele sarmațiene și cu totul local meoțiene din sectoarele central și nordic ale promontoriului, pentru gaze; secvența recifală badenian-volhiniană din sectorul vestic al promontoriului, slab pentru gaze; secvența recifală badenian-volhiniană din sectorul vestic al promontoriului, slab pentru gaze.

• Depozitele kimmeridgiene se apropie de un oarecare potențial petrolingen în timp ce acelea paleozoice, inclusiv argilitele siluriene și calcarele devoniene, nu au manifestat indicații generatoare. Asupra depozitelor pliocene post-meoțiene, nu pot fi făcute aprecieri din cauza volumului redus de informații, deși unele aspecte particulare se întrevăd încă de pe acum.

Nu se exclude o anumită influență generatoare a oligocenului pelitic din avanfosă.

Notă Bibliografia consultată va apărea la partea a II-a a articolului.

MAGYAR ORSZÁGOS MÜSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTES KÖNYVTÁR 1883

MINISTERUL MINELOR

# CENTRUL DE CERCETĂRI PENTRU SECURITATE MINIERĂ

CU SEDIUL IN PETROSANI, STR. DR. PETRU GROZA 32-34, JUD. HUNEDOARA, COD 2675, TEL. 41621-41622

PUNE LA DISPOZITIA CELOR INTERESATI

AFISE, PLIANTE SI BROSURI DE PROTECTIA MUNCII

# INSTITUTUL DE CERCETARI SI PROIECTARI MINIERE PENTRU CARBUNE PETROSANI

ÎNTOCMEŞTE

studii şi proiecte de mecanizare şi automatizare a proceselor tehnologice specifice industriei carbonifere, precum şi proiecte pentru utilaje şi echipamente miniere.

STUDII SI PROIECTE TEHNOLOGICE, PRECUM SI DOCUMENTATII TEHNICO - ECONOMICE PENTRU OBIECTIVE DE INVESTITII PRIVIND EXPLOATAREA, PREPARAREA SI BRICHETAREA CARBUNILOR.

ICPMC PETROSANI
str. Mihai Viteazu nr. 3
cod 2675, jud. Hunedoara

E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, iulie 1982

7

# cablurile electrice

cablurile electrice în cariere

AMORSAREA CARTUȘULUI SE FACE NUMAI LA

MINISTERUL MINELOR

**CENTRUL DE CERCETĂRI PENTRU SECURITATE MINIERĂ**

CU CEDIUL IN PETROSANI, STR. DR. PETRU GROZA 32-34, JUD. HUNEDOARA, COD 2675, TEL. 41621-41622
PUNE LA DISPOZITIA CELOR INTERESATI

AFISE, PLIANTE SI DIAPOZITIVE DE PROTECTIA MUNCII

ARTIFICIER

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XXXIII

Nr. 7 1982


OMSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS ÉS GAZDASÁGI KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1883

## CUPRINS


*Popescu Rodica* **Aplicarea disponibilităţii în calculul capacităţilor şi în definirea coeficientului de dificultate al unei cariere** . . 302

*Nicoară, I. şi Strat, V.* **Asupra interdependenţei factorilor tehnici şi economici de regimul de lucru al sondezelor din cariere** . . . . . 305

*Păsculescu, M., Pădure, Al., Covaliov, C. şi Feier Gabriela* **Nomograme pentru verificarea reţelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor** . . . . . 315

* * * **Realizări obţinute în introducerea automatizării la unităţile miniere** . . . 321

*Pârcălăbescu, I. D.* **Asupra interacţiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu fluidele din zăcămintele de ţiţei** . . . . . 327

*Popovici, A. şi Berindei Valeria* **Cursa reală la pompele de extracţie** . . . . . 334

*Grigore, V. ş.a.* **Estimarea perioadei eruptive a sondelor productive de ţiţei** . . . . . 337

*Badea, D., Popa Gh. C., Popescu, C. şi Grigore, V.* **Analiza unor metode de calcul a ascensiunii fluidelor prin coloana ţevilor de extracţie în vederea optimizării sondelor de pe structura D** . . . . 342

**Informaţii**



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ**, *preşedinte;* dr. ing. **GHEORGHE ALDEA**; ing. **ŞTEFAN BENEA**; dr. geol. **IOSIF BERCIA**; ing. **TEODOR BORU**; dr. ing **GHEORGHE DONŢOV DANU**; ing. **VIRGIL FĂTU**; dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ**; dr. ing. **FLOREA NEAGU**; ing. **NICOLAE PANTILIE**; **ELENA VRÂNCEANU**, *redactor.*


## REZUMATE

C.Z. 622.271.3 : 658.3 : 681.14

Popescu Rodica *Aplicarea disponibilităţii în calculul capacităţilor şi în definirea coeficientului de dificultate al unei cariere*

Se prezintă metodologia de aplicare a calculelor privind disponibilitatea unei cariere, în vederea prognozării cît mai reale a capacităţilor de lucru a exploatărilor miniere la zi. Totodată se defineşte şi coeficientul de dificultate al unei cariere, coeficient ce trebuie luat în calcul la estimarea capacităţilor de lucru

Mine. Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

C.Z. 622.271.3 : 622.24.05

Nicoară, I. şi Strat, V. *Asupra interdependenţei factorilor tehnici şi economici de regimul de lucru al sondezelor din cariere*

În lucrare se prezintă unele modalităţi de alegere a sondezelor şi sapelor cu role, se face o analiză a parametrilor regimului de lucru, a indicatorilor tehnico-economici şi se arată rezultatele experimentale, posibile de obţinut, în actualele mari cariere, prin alegerea judicioasă a sculelor de talpă şi a parametrilor tehnologici la forarea găurilor de diametru mare.

Mine, Petrol şi Gaze vol. 33, nr. 7. 1982

C.Z. 621.31 : 537.74

Păsculescu, M. ş. a. *Nomograme pentru verificarea reţelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor*

Pe baza relaţiilor analitice din literatura de specialitate, făcînd apel şi la calculatorul electronic, se construiesc nomograme care permit determinarea rapidă şi comodă a tensiunilor la bornele motoarelor şi a curenţilor absorbiţi de la reţea în regim de pornire a motoarelor. Aceste valori sînt necesare la verificarea reţelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor, precum şi pentru reglarea protecţiei maximale de curent în instalaţiile de joasă tensiune

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

C.Z. 622.01 : 65.011.54

* * * *Realizări obţinute în introducerea automatizării la unităţile miniere*

În contextul sarcinilor cincinalului revoluţiei tehnico-ştiinţifice, colectivul de automatizare din cadrul Institutului de cercetări şi proiectări pentru minereuri neferoase din Baia Mare s-a preocupat de toate laturile activităţii de extracţie-preparare a minereurilor neferoase, rezolvînd cîteva probleme importante, cu eficienţă economică sporită, realizări care sînt prezentate în articol.

Mine, Petrol şi Gaze, vol 33, nr. 7, 1982

C.Z. 553.981 : 661.97

Pârcălăbescu, I. D. *Asupra interacţiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu fluidele din zăcămintele de ţiţei*

Se prezintă unele consideraţii asociate cu acţiunea bioxidului de carbon în fază lichidă asupra fluidelor întîlnite în zăcămintele de ţiţei, insistîndu-se asupra alcătuirii chimico-spectrale a fluidelor utilizate în cercetare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

C.Z. 621.67 : 622.323

Popovici, A. şi Berindei Valeria *Cursa reală la pompele de extracţie*

Autorii propun un nou mod de calcul al cursei reale la pompajul de adîncime (care diferă de cel de suprafaţă datorită pierderii de cursă prin deformare elastică şi supracursei cauzată de fenomenele oscilatorii) elaborat pe baza studiului cauzal al fenomenului. Relaţia de calcul generealizează unele formule particulare propuse în literatura de specialitate.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

C.Z. 622.323 : 622.24

Grigore, V. ş. a. *Estimarea perioadei eruptive a sondelor productive de ţiţei*

Autorii prezintă un pachet de programe de calculator utilizat pentru stabilirea perioadei eruptive a sondelor productive de ţiţei, principiile care stau la baza realizării acestui sistem integrat de calcul, modul de concepţie, precum şi posibilităţile oferite la utilizare. Aplicabilitatea este ilustrată prin stabilirea perioadei de erupţie naturală pentru un grup de sonde care exploatează un zăcămînt de ţiţei din ţara noastră.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

C.Z. 622.322 : 622.24

Badea, D. ş. a. *Analiza unor metode de calcul a ascensiunii fluidelor prin coloana ţevilor de extracţie în vederea optimizării exploatării sondelor de pe structura D*

Autorii fac o testare a metodelor V. Grigore şi H. Beggs-J. Brill de calcul a ascensiunii fluidelor în coloane de ţevi verticale de extracţie în cazul sondelor care exploatează meoţianul de pe structura D, metode care dau rezultate în bună concordanţă cu realitatea.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982.

# CONTENTS


C.Z. 622.271.3 : 658.3 : 681.14

Popescu Rodica *Output availability and the difficulty factor of an open-pit*

The methodology to assess the availability of an open-pit in order to prognose an as more as possible real production capacity is presented. In the same time the difficulty factor necessary for this assessment is defined.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.271.3 : 622.24.05

Nicoară, I. and Strat, V. *On the correlation between the technical and economic factors and the operation conditions of drilling rigs in open-pits*

In the paper some methods to select drilling rigs and roller bits are presented. The authors perform an analysis of operational parameters, and of technical and economic indices in order to make a rational choice of the bottom tools and of the operational parameters in drilling large diameters holes into the present big open-pits.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 621.31 : 537.74

Păsculescú, M. *Nomograms for checking mining electric circuits during the start of motors*

Based on the analytical relations to be found in the literature, nomograms are built with the help of computers, for a fast and easy determination of motor terminal voltage and the absorbtion current from the main at the start of the motors. These values are necessary for checking the electric circuits as well as the adjustment of maximal current protection in the low voltage installations.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.01 : 65.011.54

* * * *Achievements carried out in developping the automation in mining units*

Achievements carried out in the frame work of the Institute for Research and Design for Non-Ferrous Ores from Baia Mare by the section for automation the mining and beneficiation installations are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 553.981 : 661.97

Pârcălăbescu, I.D. *On the interaction liquid phase dioxide carbon with the fluids from the oil deposits*

Some considerations linked with the action of liquid phase dioxide carbon on the fluids from oil deposits with special regards on the chemical-spectrale structure of the fluids used in the research works are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 621.67 : 622.323

Popovici, A. and Berindei Valeria *The real stroke of well pumps*

The authors suggest a new method of calculation the real stroke in the case of deep well pumping (which unlike the surface pumping has stroke loses by elastic deformations and overstroke due to oscilating phenomena) based on the causative study of the phenomena. The calculation formula generalise some specific formulae proposed in the literature

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.323 : 622.24

Grigore, V. *Estimating the eruptive period of active oil wells*

The authors present a computer programm package used to establish the eruptive period of active oil wells, the principales of this integrate calculation system, the concept as well as the possibilities to use it. The applicability is demonstrated by establishing the natural eruption for a group of wells operating an inland oil deposit.

Mine, Petrol şi Gaze vol. 33, nr. 7. 1982

---

C.Z. 622.322 : 622.24

Badea, D. *Analysis of some calculation methods for the fluid rising through the extraction pipes in order to improve the exploitation of structure D wells*

The authors present a test of the calculations methods V. Grigore and H. Beggs — J. Brill for the fluid rising through vertical extraction pipes in the case of the wells operating into the Meotian structure D with goods results and in agreement with the reality.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

**Information**


# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.271.3: 658.3: 681.14

Попеску Родика *Применение «возможностей» при расчете мощностей и в определении коэффициента сложности карьера*

Представлена методика использования расчетов возможностей карьеров в целях прогнозирования наиболее реальной рабочей мощности карьера. В то же время определяется коэффициент сложности карьера, учитываемый в оценочных расчетах рабочих производственных мощностей.

Ключевые слова: *возможности, рабочая мощность, коэффициент сложности, угольный карьер*

Mine, Petrol şi Gaze, vol 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.271.3: 622 24.05

Никоарэ, И. и Страт, В. *О взаимодействии между технико-экономическими факторами и режимом работы буровых установок на карьерах*

В работе представлены некоторые методы выбора буровых установок и шарошечных долот, проводится анализ параметров рабочего режима, технико-экономических показателей и приводятся результаты экспериментальных работ, которые могут быть получены на действующих карьерах горнорудной промышленности в результате правильного подбора забойных инстру-

ментов и технологических параметров бурения скважин большого диаметра.

Ключевые слова: *карьер горнорудной промышленности, буровая установка, шарошечные долота, скважина большого диаметра, технологические параметры.*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7,1982

---

C.Z. 621.31 : 537.74

Пэскулеску, М. и др. *Номограммы проверки участковых шахтных электрических сетей в пусковом режиме электродвигателей*

На основе аналитических формул и вычислений с применением ЭВМ строятся номограммы, позволяющие быстрое и удобное определение напряжений на зажимах электродвигателей и поглощаемых токов в пусковом режиме двигателей. Эти значения необходимы при проверке участковых шахтных электрических сетей в пусковом режиме двигателей, а также при настройке максимальной токовой защиты установок низкого напряжения.

Ключевые слова: *номограммы, пусковой режим электродвигателя, проверка, участковая электросеть, максимальная токовая защита, установки низного напряжения*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.01 : 65.011.54

* * * *Результаты полученные при автоматизации процессов на горных предприятиях*

Учитывая задания пятилетки научно-технической революции, коллектив автоматизации работ Научно-исследовательского и проектного института руд цветных металлов Бая Маре всесторонне изучил применяемые на рудниках и обогатительных фабриках цветной металлургии процессы и решил некоторые важные вопросы с повышенной экономической эффективностью, результаты которых представлены в статье.

Ключевые солва: автоматизация процессов, рудник, обогатительная фабрика, Бая Маре.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z 553.981 : 661.97

Пыркэлэбеску, И. Д. *О взаимодействии жидкой двуокиси углерода с жидкостями нефтяных месторождений*

Представлены некоторые соображения, связанные с действием жидкой двуокиси углерода на жидкости, встречаемые в нефтяных месторождениях, уделяя большое внимание химико-спектральному составлению жидкостей, используемых в исследованиях.

Ключевые слова: жидкая двуокись углерода, жидкости нефтяных месторождений, химико-спектральный анализ

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z 621.67 : 622.323

Попович, А. и Беріндей Валерия *Действительный ход добычных насосов*

Авторы предлагают новый метод расчета действительного хода глубинной откачки (которая отличается от поверхностного из-за потери в результате гибкой деформации и повышенного хода, причиненного колебающими явлениями), разработанный на основе изучения причин явления. Расчетная формула обобщает некоторые частные формулы, предложенные в технической литературе.

Ключевые слова: действительных ход, насос, глубинная откачка

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z 622.323 : 622.24

Григоре, В. и др. *Оценка периода изверження действующих нефтяных промысел*

Авторы представляют пакет программ для ЭВМ, применяемый для определения периода извержения действующих нефтяных промысел, принципы лежащие в основе реализации этой интегральной системы расчета, концепцию, а также возможности, получаемые в результате применения. Ее применяемость доказана установлением продолжительности периода естественного извержения группы промысел, разрабатываемая нефтяное месторождение в нашей стране.

Ключевые слова: естественное извержение, действующее промысло, продолжительность периода, СРР

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z 622.322 : 622.24

Бадеа, Д. и др. *Анализ методов расчета подъема жидкости в колонне откачных труб в целях оптимизации эксплуатации скважин структуры Д*

Авторы проверяют методы В. Григоре и Н. Бег-Дж. Брилль подъема жидкости в вертикальной колонне нефтеоткачных труб, в случае скважин разрабатываемых меотиса структуры Д, результаты которого польностью соответствуют действительности.

Ключевые слова: метод расчета, подъем жидкости, колонна, откачные трубы, структура Д.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

**Информации**

---

## SOMMAIRE

C.Z. 622.271.3 : 658.3 : 681.14

Popescu Rodica *L'application de la disponibilité dans la calculation des capacités de production et pour la définition du coefficient de difficulté dans une carrière*

On présente la méthodologie de l'application des calculations visant la disponibilité d'une carrière pour une prognose la plus réaliste possible des capacités de travail des exploitations minières à ciel ouvert. En même temps est défini, aussi, le coefficient de difficulté d'une carrière, coefficient qu' on doit prendre dans la calculation pour estimer les capacités de travail.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

C.Z. 622.271.3 : 622.24.05

Nicoară, I. et Strat, V. *Sur l'interdépendance des facteurs techniques et économiques et le régime de fonctionnement des sondeuses dans les carrières.*

Dans l'article on présente quelques méthode de sélection des sondeuses et des trépans à molettes. On fait une analyse des paramètres du régime de fonctionnement, des indicateurs techniques et économiques et on montre les résultats experimentaux possible à obtenir dans les actuelles grandes carrières par une sélection judiciouse d' utils de fond et des paramètres technologiques au forage au grand diamètre.

Mine. Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 621.31 : 537.74

Păsculescu, M. *Nomogrammes pour le contrôle des réseaux électriques de secteur en régime de démarrage des moteurs*

Basé sur les rélations analytiques de la littérature de spécialité et à l'aide des calculatrices éléctroniques sont construites de nomogrammes qui permettent la détermination rapide et facile des tensions aux bornes des moteurs et des courrants absorbés par le réseau au démarrage des moteurs. Ces valeurs sont nécessaires pour vérifier les réseaux électriques minières de secteur en régime de démarrage des moteurs, ainsi que pour le réglage de protection maximale du courrant dans les installations à basse tension.

Mine, Petrol şi Gaze vol. 33, nr. 7. 1982

---

C.Z.622.01 : 65.011.54

* * * *Réalisations obtenues par l'introduction de l'automation dans les unités minières*

Dans l'article on présente les résultats obtenus par le collectif d'automation de l'Institut de recherches et projets pour les minéraux non-ferreux de Baia Mare dans les secteurs d'extraction et préparation avec des solutions remarquables du point de vue technique et économique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1983

---

C.Z. 553.981 : 661.97

Pârcălăbescu, I.D. *Sur l'interaction du bioxyde de charbon en phase liquide avec les fluides des gisements de pétrole*

Sont présentés quelques considerations associées à l'action du bioxyde de charbon en phase liquide sur les fluides rencontrés dans les gisements de pétrole, insistant sur la structure chimique-spéctrale des fluides utilisés dans la recherche.

Mine, Petrol şi Gaze, vol 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 621.67 : 622.323

Popovici, A. et Berindei Valeria *La course réelle des pompes d'extraction*

Les auteurs proposent une nouvelle méthode de calculation de la course réelle au pompage de profondeur (qui diffère de celui de surface dû aux pertes de la course par déformation élastique et du dépassement de la course causé par les phénomèns oscilatoires) élaborée sur l'étude causale du phénomène. La rélation du calcul généralise quelques formules particulières proposées dans la littérature de spécialité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.323 : 622.24

Grigore, V. *L'estimation de la période éruptive des sondes productives de pétrole*

Les auteurs présentent un paquet de programmes de calculatrice utilisé pour établir la période éruptive des sondes productives de pétrole, les principes qui se trouvent à la base de la réalisation de ce système intégré de calculation, le mode de conception, ainsi que les possibilités offertes à l'utilisation. L'applicabilité est illustrée par l'établissement de la période d'eruption naturelle pour un groupe de sondes qui exploitent un gisement de pétrole de notre pays.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.322 : 622.24

Badea, D. *L'analyse de quelques methodes de calculation de l'ascension des fluides dans la colonne de tuyaux d'extraction pour l'optimisation de l'exploitation des sondes de la structure D*

Les auteurs testent les méthodes V. Grigore et H. Beggs – J. Brill de calculation de l'ascension des fluides dans la colonne de tuyaux d'extraction verticale dans le cas des sondes qui exploitent le méotien sur la structure D, méthodes qui ont donné des résultats en bonne concordance avec la réalité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

**Informations**

---

# INHALT


C.Z. 622.271.3 : 658.3 : 681.14

Popescu Rodica *Die Anwendung der Verfügbarkeit in der Berechnung der Produktionskapazitäten und in der Definition des Schwierigkeitskoeffizientes eines Tagebaus*

Die Anwendungsmethodologie der Berechungen über der Verfügbarkeit eines Tagebaus hinsichtlich eine wirklicher Prognose der Arbeitskapazität der Tagebauen ist dargestellt. Gleichzeitig wird der Schwierigkeitskoeffizient eines Tagebaus definiert. Diese Koeffizient mnss in der Berechung für die Schätzung der Arbeitskapazitäten in Betracht ziehen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.271.3 : 622.24.05

Nicoară, I. und Strat, V. *Über die Interdependenz der technischen und wirtschaftlichen Faktoren von der Fahrweise der Lochbohrer im Tagebau*

Im Artikel einige Auswahlverfaren der Lochbo hrer und der Drehbohrmeissel sind dargestellt. Eine Analyse der Fahrweise-Parametern, der technisch-wirtschaftliche Indikatoren und die möglich ausgeführte experimentelle Ergebnissen in der aktuelle grosse Tagebauen durch die rationelle Auswahl der Bohrlochsohlezenge und der technologische Parametern nach der Bohrung der Grossdurchmesserloche ist gegeben.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 621.31 : 537.74

Păsculescu, M. *Nomogrammen für die Prüfung der elektrischen Netze in der Abfahrtweise der Motoren in eine Bergbausektor*

Aufgrund der analytischen Relationen aus der Fachliteratur und mit Hilfe einer Rechenmaschine Nomogrammen sind

ausgeführt welche erlauben die rasche und leiche Bestimmung nach Motorklemmen. Diese Werte für die Prüfung der Bergbausektor elektrische Netze in Abfahrtweise der Motoren wie so für die Einstellung der maximale Stromsicherheit in mit niedriege Spannung der Anlagen nötig sind.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.01 : 65.011.54

* * * *Die ausgeführte Leistungen in der Einleitung der Automatisierung in der bergmännischen Einheiten*

Die ausgeführte Leistungen in der Institut für Untersuchungen und Projektieren für NE—Erze von Baia Mare (Automatisierungsabteilung) welche wichtige Auflösungen für Extraction und Aufbereitung der NE—Erze haben herangeführt, sind dargestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 553.981 : 661.97

P â r c ă l ă b e s c u, I. D. *Über der Interaktion zwischen der Kohlensäure in flüssige Phase und die Flüssigkeiten von der Öllagerstätten*

Es werden einige Betrachtungen gebunden mit die Tätigkeit der Kohlensäure in flüssige Phase über in der Öllagerstätten getroffenen Flüssigkeiten dargestellt. Es wird über der kemische-spektrale Zusammensetzung der in Untersuchungen gebrauchten Flüssigkeiten bestehen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 621.67 : 622.323

P o p o v i c i, A. und B e r i n d e i V a l e r i a *Die wirkliche Hubhöhe der Bohrlochpumpen*

Die Verfassern empfehlen eine neue Berechnungsverfahren der wirkliche Hubhöhe nach dem Tiefpumpen (welche andere ist wie in der Fall des Übertagpumpen wo Hubhöheverluste durch elastische Varformungen und Überhubhöhe durch Schwingungsvorgang sind ursacht) welche aufgrund eines Ursache-Studium der Phänomen ist ausarbeitet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.322 : 622.24

G r i g o r e, V. *Die Schätzung der Fliesszeit der produzierenden Ölsonde*

Die Verfassern stellen ein Rechnerprogrampaket für die Bestimmung der Fliesszeit der produzierenden Ölsonde, die Prinzipien für diese integrierte Berechunngssystem, die Konzeption wie so die Möglichkeit für ihre Anwendung dar. Die Anwendbarkeit ist durch die Bestimmung der natürliche Fliesszeit für eine Sondefeld von unsere Land geprüft.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

C.Z. 622.322 : 622.24

B a d e a, D. *Die Analyse einiger Berechnungverfahren der flüssigheitsaufstieg in Tübbingstrang für die Optimisierung der Sondebetrieb von der Struktur D.*

Die Verfassern prüfen die V. Grigore und H. Beggs-J. Brill Berechnungsverfahren der Flüssigkeitsausteig in vertikal Tübbingsstrang in der Fall der Meoziän Sonde von der Struktur D welche gute Übereinstimme mit die Realität gegeben.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 7, 1982

---

**Nachrichten**

---

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod. 71104, C.P. 22 — 146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informaţia" str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti c. 2354

**Preţul: 13 lei/exemplar**

c. 2354

# Aplicarea disponibilității în calculul capacităților și în definirea coeficientului de dificultate al unei cariere

Ing. **Rodica Popescu**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

Preluînd considerațiile teoretice din articolul publicat [1], vom reda, în cele ce urmează, modul de utilizare a datelor privind disponibilitatea unei cariere.

Avînd în vedere că în cincinalul 1981—1985 ponderea în producția de lignit a țării revine exploatării prin cariere, care, în această perioadă și în perspectivă, se va extinde îndeosebi în zone colinare, unde condițiile morfologice și de stabilitate a rocilor sînt din ce în ce mai grele, deci pentru realizarea volumului de producție prevăzut, este necesară creșterea capacității de lucru a excavatoarelor, acționînd, atît în direcția sporirii productivității orare, cît și a timpului de funcționare în sarcină.

În acest sens s-a utilizat o metodologie de determinare a capacităților teoretice ce pot fi realizate la o carieră în funcție de dotarea cu utilaje tehnologice, de condițiile geologice, precum și de personalul de deservire. La baza calculelor au stat formulele disponibilității [1].

Spre exemplificare s-au luat în analiză volumele de mase excavate în cariera Gîrla în anii 1978—1979, pe fiecare excavator în parte. Pe baza figurii 1 s-a putut efectua calculul volumelor și capacităților, ceea ce a permis estimarea procentuală a acestora pe total

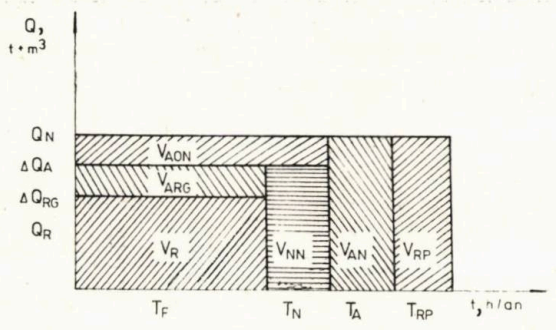



Fig. 1. Mărimile caracteristice pentru definirea disponibilității

carieră pe fiecare an în parte, cît și media celor doi ani (tab. 1).

La o primă privire asupra datelor primare cuprinzînd timpii realizați, se poate constata că :

— timpul de funcționare efectiv este redus ;

— timpii de staționare în avarie sînt foarte mari, în comparație cu timpii de funcționare ;

— timpii afectați reparațiilor sînt foarte mici.

Cunoscînd însă procesele neproductive tehnologice, netehnologice și auxiliare, din cadrul procesului de producție din exploatările la zi, se poate face o dimensionare corespunzătoare a fondului de timp disponibil, care să stea la baza stabilirii volumelor de excavații ce pot fi realizate în cursul unui an calendaristic.

Atît procesele tehnologice, cît și cele netehnologice sînt, în general, normate, în diverse condiții de lucru, cu un anumit nivel de dotare cu mijloace și forțe.

Durata operațiilor neproductive variază de la o carieră la alta și de la un tip de utilaj la altul. Utilizînd informații din literatura de specialitate, s-au stabilit datele primare procentuale teoretice care au servit la determinarea regimului de lucru teoretic pentru cariera Gîrla. Astfel, s-a respectat timpul afectat reparațiilor capitale de 1 750 ore/an, iar pentru timpul total de staționări netehnologice $T_N$ s-au folosit între 1 152—1 872 ore/an. Pentru ca rezultatele să fie cît mai apropiate de realitate, s-a prevăzut și posibilitatea existenței unor staționări în avarie, aceste staționări fiind de 5—10% din timpul calendaristic. Menționăm acest lucru pentru a sublinia faptul că rezultatele calculelor, cuprinse dealtfel în tabelul 1, nu trebuie privite ca ideale ci teoretice, dar care pot fi realizate în mod practic. Timpii efectivi de funcționare nu pot fi considerați ireali, deoarece sînt stabiliți în funcție de fiabilitatea excavatoarelor și în perspectivă se vor îmbunătăți, avînd în vedere că în peri-

*Tabelul 1*

| Anul | $Q_R$ | $\Delta Q_{RG}$ | $\Delta Q_A$ | $V_R$ | $V_{ARG}$ | $V_{AON}$ | $V_{NN}$ | $V_{AN}$ | $V_{RP}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1978 | 43,437 | 0,0026 | 56,567 | 19,25 | 0,00127 | 34,97 | 7,65 | 32,77 | 5,34 |
| 1979 | 24,047 | 24,85 | 51,103 | 9,37 | 7,601 | 30,96 | 21,86 | 29,49 | 8,3 |
| Media celor doi ani | 33,7385 | 12,426 | 53,835 | 14,31 | 3,801 | 32,965 | 14,755 | 31,13 | 6,82 |
| Teoretic | 57,12 | 9,4294 | 33,45 | 32,0985 | 5,1944 | 23,8992 | 10,5917 | 8,2392 | 19,977 |

oada următoare se vor înlătura punctele înguste din fluxul tehnologic al complexelor de excavare, transport și haldare.

Comparînd datele procentuale obținute pe cale teoretică cu cele privind activitatea carierei, în medie pe cei doi ani, se pot trage numeroase concluzii.

O primă observație ar fi aceea că dificultățile geologico-miniere nu sînt prea mari. Este semnificativ faptul că diferențele între valorile $\Delta Q_{RG}$ și $V_{RG}$ medii și teoretice nu sînt mari, ceea ce înseamnă că prin calculele noastre teoretice am urmărit destul de fidel realitatea.

În schimb nu se poate să nu subliniem faptul că reducerea de capacitate $\Delta Q_A$ și respectiv de volum $V_{AON}$ sînt considerabil de mari în valorile medii, acest fapt datorîndu-se soluțiilor tehnologice alese și care nu dau randamentul scontat, de asemenea folosirii unor utilaje necorespunzătoare condițiilor de lucru, exploatării neeficiente a utilajelor, în fine, organizării defectuoase a procesului de producție. În sprijinul acestei idei stă faptul că în anul 1978, cînd reducerile de capacitate datorită condițiilor geologico-miniere sînt practic neglijabile, capacitatea realizată nu atinge 50% datorită dificultăților enumerate. În figura 2 sînt redate grafic datele privind capacitățile, figura 3 dînd o imagine comparativă mai sugestivă a acestora.

După cum am mai spus, în calculul teoretic s-a respectat timpul normat afectat reparațiilor planificate. Acest lucru are semnificații deosebite asupra volumelor:

$V_{ARG}$ — reducerea de volum datorită condițiilor geologico-miniere se menține în limitele reale;

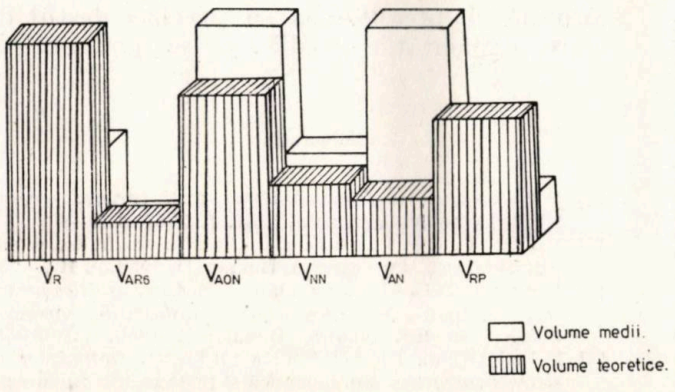



Fig. 2. Reprezentarea comparativă a volumelor medii din anii 1978—1979 și a volumelor teoretice.

$V_{RP}$ — reducerea de volum datorită reparațiilor planificate crește teoretic cu 65,9% față de cel realizat;

$V_{AN}$ — reducerea de volum datorită staționărilor accidentale va scade pînă la 26,5% din valoarea reală;

$V_R$ — volumul realizat, obiectivul principal, crește teoretic cu 55,42% față de valorile realizate.

Putem afirma că aceste performanțe sînt realizate în primul rînd prin respectarea grafi-

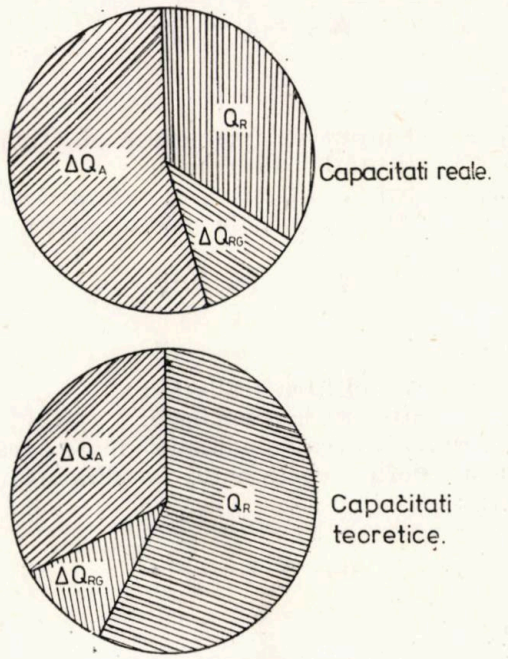



Fig. 3. Diagrama capacităților

celor de reparații planificate din punctul de vedere al:

— momentului în care se face reparația;
— duratei în care se face reparația;
— echipei (efectiv și calificare) care efectuează reparația;
— calității reparației.

Sînt explicabile duratele timpilor de avarie care sînt comparabile cu duratele timpilor de funcționare în cariera Gîrla, dacă se are în vedere că, în general, pentru reparații și revizii s-au afectat în cei doi ani, în medie, 40% din orele prevăzute prin normative. Orice nerespectare a unei condiții din cele enumerate mai sus atrage după sine probabilitatea ca parametrul $T_A$ (timp de staționare în avarie) să crească, deci $V_R$ să scadă.

Aducerea parametrului $T_{RP}$ la limitele normate implică o serie de măsuri organizatorice (respectarea graficelor de producție, aprovizionarea cu piese de schimb, asigurarea forței de muncă cu pregătire corespunzătoare etc.) dar are ca urmare creșterea volumului de mase excavate cu circa 50%.

Analizînd evoluția funcționării complexelor de excavare transport și haldare, se constată că la realizarea producției concură o serie de factori: elementele constructive ale utilajelor, natura terenului în care se excavează și nivelul de organizare a procesului de producție. Toate

aceste condiții, reunite într-o exprimare numerică, definesc coeficientul de dificultate al carierei respective.

Se poate defini un coeficient de dificultate al realizării timpului de lucru efectiv:

$$K_{dT} = 1 - \frac{T_F}{T_c},$$

unde:

$T_F$ este timpul de funcționare efectivă;
$T_c$ — timpul calendaristic.

Coeficientul de dificultate al realizării capacității poate fi exprimat în mod similar:

$$K_{dQ} = 1 - \frac{Q_R}{Q_N},$$

unde:

$Q_R$ este capacitatea realizată;
$Q_N$ — capacitatea nominală.

Pentru realizarea volumului de mase excavate se poate defini coeficientul de dificultate pe carieră:

$$K_{dV} = 1 - \frac{V_R}{V_M},$$

unde:

$V_R$ este volumul realizat;
$V_M$ — volumul maxim ce s-ar putea realiza cu capacitatea nominală $Q_N$ în timpul $T_c$ de lucru efectiv.

Deci:

$K_{dV} = 0$ — înseamnă condiții ideale de lucru ce favorizează realizarea $V_R = V_M$;

$K_{dV} = 1$ — înseamnă coeficient de dificultate maxim, condiții în care nu se poate realiza producție ($V_R = 0$).

Pentru definirea valorii teoretice a lui $K_V$, definitorie este valoarea $K_T$ pentru un $T_F$ maxim de lucru.

Utilizînd datele primare ce au stat la baza calculelor necesare completării tabelului 1, s-au determinat coeficienții de dificultate pentru cariera Gîrla (tab. 2).

Valorile teoretice vor putea fi utilizate în calculele de prognozare a producțiilor pe anii viitori, în cariera Gîrla introducînd coeficientul de dificultate în formula de calcul a capacităților medii de lucru.

Conform literaturii de specialitate, productivitatea medie orară realizată de excavator se calculează cu relația:

$$Q_m = \frac{h}{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{Q_{Ni}}}, \text{ m}^3/\text{h},$$

unde:

$h$ este înălțimea totală a treptei de lucru;
$Q_{Ni}$ — productivitatea orară garantată de furnizor, corespunzătoare înălțimii $h$ a șaibei.

*Tabelul 2*

| Coeficientul de dificultate | 1978 | 1979 | Teoretic |
|---|---|---|---|
| $K_{dT}$ | 0,5395 | 0,6191 | 0,4422 |
| $K_{dQ}$ | 0,5656 | 0,7595 | 0,4288 |
| $K_{dV}$ | 0,8075 | 0,9062 | 0,6790 |

Ținînd cont de coeficientul de dificultate specific fiecărei cariere în parte și specific și perioadei de timp în care se exploatează, se poate concluziona că $Q_i$ este diminuat:

$Q_i = Q_{Ni}(1 - K_d)$, deci formula productivității medii devine:

$$Q_m = \frac{h}{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{Q_{Ni}(1 - K_d)}},$$

formulă ce prognozează cu precizie destul de mare capacitățile medii ce se pot obține.

**Bibliografie**


[1] Popescu, R. *Disponibilitatea unei cariere.* Revista Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 1, 1982, p. 6–9

[2] Nițu, V. I. și Ionescu, C. *Fiabilitatea în energetică.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1980, p. 104–158

[3] Mereuță, C. și Gayraud, J. *Măsuri practice pentru creșterea siguranței în funcționare a instalațiilor energetice industriale.* Ed. tehnică, București, 1980, p. 23–40

[4] Miclescu, Th. și Bazachin, G. *Optimizări în sisteme energetice.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1977, p. 39–56

[5] Jescu, I. *Extracția lignitului prin exploatări la zi în România.* Ed. tehnică, București, 1981, p. 202–254

# Asupra interdependenței factorilor tehnici și economici de regimul de lucru al sondezelor din cariere

Ing. **I. Nicoară**, I. M. Dobrogea
ing. **V. Strat**, I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca

## I. Introducere

Dezvoltarea exploatării zăcămintelor de substanțe minerale prin lucrări miniere la zi reclamă rezolvarea unor probleme deosebit de importante printre care se numără și alegerea celor mai raționale și eficiente procedee și utilaje de lucru.

La nivelul actual al tehnicii mondiale, procedeul folosit cel mai frecvent și eficient la tăierea substanțelor minerale de tărie ridicată este cel cu explozivi amplasați în găuri de sondă.

Creșterea tot mai mare a volumului de substanțe minerale extrase prin lucrări la zi, care reprezintă astăzi peste 3/4 din producția minieră mondială, a determinat și creșterea volumului lucrărilor de construcție a găurilor de sondă a căror preț de cost este caracterizat, în principal, de nivelul tehnic al forării. Deși în ultimii ani pentru efectuarea găurilor de sondă se studiază posibilitatea dislocării rocilor din talpa găurii folosind în mod direct diferite forme de energie (termică, electrică, hidraulică și atomică), principala metodă de dislocare generalizată și cu cea mai largă utilizare, în practica actuală de forare, rămîne dislocarea folosind energia mecanică transmisă rocii prin intermediul elementelor active ale organului de tăiere.

Acest tip de dislocare a rocilor, cu ajutorul unor instrumente mecanice, a evoluat continuu, modernizarea procedeelor de lucru conducînd la îmbunătățirea permanentă a performanțelor tehnice și economice de forare a găurilor din cariere.

## II. Alegerea sondezelor și sapelor pentru cariere

După dezastrul de la Texas City (1947) și intuiția lui Bob Akre (S.U.A.) că azotatul de amoniu poate exploda și deci înlocui alte materiale explozive la un cost mai scăzut, s-a ajuns ca industria minieră să ceară găuri cu diametru tot mai mare în exploatările la zi.

O serie de factori ca: natura și duritatea rocilor, volumul necesar de roci și substanțe utile, dimensiunea echipamentelor de încărcare, transport și sfărîmare, înălțimea treptelor de lucru, cerințele operației de împușcare, restricțiile mediului înconjurător și prețul de cost total pe întreaga operație de perforare-împușcare, vin să decidă, în final, mărimea găurilor de sondă.

Prin intermediul sistemului rotativ, conceput să facă față la orice tip de material și rezistență la compresiune a rocii, mărimea găurii de sondă a ajuns în ultimii 25 de ani de la 150 la 445 mm diametru, în prezent fiind construite instalații care pot fora găuri cu diametre de peste 500 mm (tab. 1).

Datorită robusteții lor și posibilităților de a-și regla forța axială, viteza de rotație și de a fora economic găuri cu diametre mari în diferite condiții geologico-miniere, în prezent sondezele rotative echipate cu sape cu role sînt cele mai răspîndite în exploatările miniere la zi.

La alegerea unor astfel de instalații este necesar să se țină seama de o serie de factori, dintre care se amintesc:

— performanțele tehnice ale instalației: diametrul găurii, viteza de forare, regimul de lucru și posibilitățile reglării acestuia, viteza de deplasare, consumul de energie, lungimea și posibilitățile de manevră a prăjinilor;

— costul instalației și posibilitățile de dotare și de obținere a pieselor de schimb;

— natura și condițiile de zăcămînt care includ proprietățile rocilor (rezistența la compresiune, abrazivitatea, mărimea componentelor mineralogice și uniformitatea lor, porozitatea, umiditatea etc.) și caracteristicile geologice (clivajele, fisurile, stratificația);

— nivelul tehnic și posibilitățile de exploatare, standardizare și întreținere a instalațiilor și echipamentelor de lucru;

— eficiența economică globală a operației de perforare ținînd seama de cheltuielile specifice fixe și variabile.

Paralel cu progresul sondezelor rotative sub acțiunea mașinilor tot mai puternice au avansat și modelele organelor tăietoare.

După experimentările din 1950, sapele cu trei conuri au cîștigat accepțiunea de a perfora la o forță de apăsare tot mai mare, fiind astăzi larg răspîndite în cariere.

Utilizarea sapelor de diametru mare cu conuri a primit și accepțiunea constructorilor de sape care au ajuns la concluzia că echilibrarea capacităților de funcționare ale danturii și lagărelor în construcție normală se realizează practic în domeniul diametrelor cuprinse între 244,5...311,2 mm (fig. 1).

*Tabelul 1*

**Caracteristicile tehnice ale unor foreze rotative**

| Firma sau țara producătoare | Modelul | Caracteristicile tehnice | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | greutatea, kN | diametrul găurii, mm | apăsarea axială, kN | turația, min.$^{-1}$ | debitul / presiunea compresorului, Nm$^3$/min / at* | moment de rotație, daN | lungimea prăjinii, m | viteza de extragere a prăjinii, m/min | adîncimea de forare, m | viteza de deplasare, km/h, | energia pentru forat |
| Bucyrus-Eric | 55—R | 928,6 | 299—311 | 450 | 0—95 | 37/3 | 2 100 | 18,3 | 36 | 36 | 1,2 | electric |
| | 61 R | 1250 | 311—444,5 | 590 | 0—120 | 37/3** | 3 227 | 19,8 | 30 | 60 | 1,1 | electric |
| Chicago Pneumatic | C—700 | 317 | 228,6 | 182 | 0—155 | 23/9 | 330 | 6,6 | 58 | 31 | 3,3 | Diesel |
| Davey-Rausselle | M 10 B | 272 | 254 | 182 | 0—220 | 21/7,8 | 875 | 7,5 | 41 | 38 | 5,6 | Diesel |
| Driltech | D 50 K | 333 | 228,6 | 226 | 0—180 | 25/7 | 420 | 7,6 | 23,8 | 75 | 2,7 | Diesel |
| | D 80 K | 543 | 228,6—311 | 360 | 0—100 | 21/7** | 672 | 8,4 | 28,7 | 55 | 2,7 | Diesel |
| Gardner-Denver | GD 70 | 906 | 311 | 213 | 0—120 | 35/4 | 700 | 16,8 | 27,5 | 23 | 1,2 | electric |
| | GD 120 | 1 350 | 558,8 | 460 | 0—120 | 41/4 | 1 600 | 19,8 | 39,6 | 25 | 1,2 | Diesel/el. |
| U.R.S.S. | SBS—250 | 710,0 | 243—269 | 294,3 | 30—152 | 25/7 | — | 8 | — | 32 | 0,6 | electric |
| | SBS—320 | 1 375 | 320 | 600 | 0—130 | 25/7** | — | 18,0 | — | 36 | 0,33 | electric |

*) 1 at = 9,80665 $10^4$ Pa
**) 2 compresoare în dotare

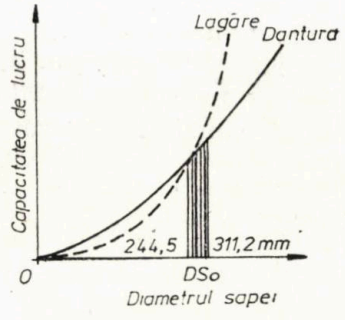



Fig. 1. Variația capacității de funcționare a sapelor cu trei role în funcție de diametru

În rocile moi (argile, șisturi moi, calcare, sedimente neconsolidate) sondezele rotative folosesc sfredele normale, sape cu dinți înalți ascuțiți și rari din oțel sau armate.

Pentru formațiunile de roci dure (granite, calcare dure, dolomite, straturi nisipoase dure, minereuri de cupru și fier) se folosesc sape cu dinți deși și scurți din aliaje dure sau cu știfturi din carburi sinterizate.

Personalul specializat la lucrările de forare trebuie să selecteze sapele după materialul de perforat și pe baza unor teste și probări experimentale care să satisfacă criteriul ales (avansament maxim pe sapă, viteză maximă de avansare, costuri specifice minime).

În general, la alegerea tipului de sapă trebuie avut în vedere realizarea unor dislocări sporite cu consumuri de energie mai mici care, în condițiile de limitare a puterii, capătă importanță deosebită.

Din aceste considerente, cu o mică aproximație, aprecierea eficienței sapelor utilizate se poate face și pe baza ecuației simplificate a lui Bond [1]:

$$E = \frac{10\ E_i}{\sqrt{p}},\ \text{J/cm}^3 \qquad (1)$$

unde:

$E$ este energia specifică, J/cm$^3$;
$E_i$ — energia specifică pentru sfărîmarea rocii pînă la 100 ($10^{-8}$m), J/cm$^3$;
$p$ — dimensiunea finală a particulelor, $10^{-6}$ m.

În practică, valoarea indicelui energetic de sfărîmare se determină experimental și este o caracteristică ce depinde de proprietățile materialului și scula de sfărîmare (tab. 2).

Din calculele efectuate, luînd de bază granulația medie a calcarului dislocat din talpa găurilor (fig. 2), rezultă că energia specifică necesară pentru sapele cu dinți înalți (danturate) este cu circa 30% mai mică, deoarece ele dislocă particule de roci cu dimensiuni mai mari față de sapele cu știfturi.

*Tabelul 2*

**Valoarea indicelui energetic de sfărîmare $E_i$ [1]**

| Roca | Indicele, $E_i$, J/cm³ | | |
|---|---|---|---|
| | mărimea particulelor, mm | | |
| | 0,1 | 1,0 | 10,0 |
| Calcar | 110 | 35 | 11 |
| Dolomită | 110 | 35 | 11 |
| Cuarţit | 120 | 38 | 12 |
| Granit | 140 | 45 | 14 |
| Bazalt | 210 | 67 | 21 |

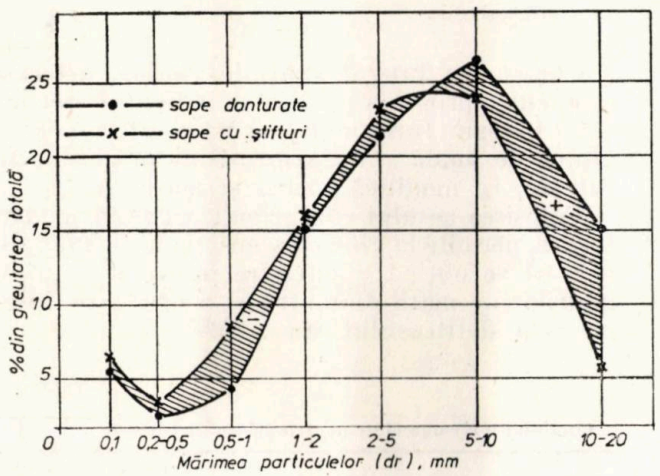



Fig. 2. Repartiţia pe clase granulometrice a materialului evacuat din talpa găurilor de sondă din cariera Mahmudia

Alegerea sapelor trebuie făcută şi în funcţie de modul de comportament la uzură în procesul de forare a găurilor de sondă.

Pentru a caracteriza influenţa uzurii în procesul de dislocare, literatura de specialitate precizează că este suficient să se măsoare înălţimea dinţilor în stare nouă $h$, în stare uzată $h_i$ şi jocul radial $j_r$ la lagăre, funcţie de care se poate determina starea de uzură a sapei la un moment dat (fig. 3).

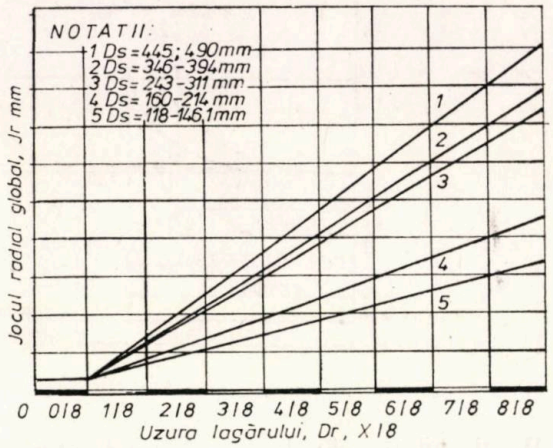



Fig. 3. Diagrama uzurii lagărelor la sapele cu trei role.

Cercetările de specialitate şi observaţiile practice scot în evidenţă că sapele devin inutilizabile cel mai frecvent datorită scoaterii din funcţiune a lagărelor, conducînd la situaţia extragerii sapelor cu sistemul de tăiere (partea activă) incomplet sau puţin uzat, în special în cazul sapelor cu ştifturi care, uneori în cariera Mahmudia, fie datorită calităţii necorespunzătoare a carburilor sinterizate, fie rocii puternic fisurate, au provocat ruperea în lanţ a ştifturilor (tab. 3).

Pentru creşterea capacităţii de funcţionare a lagărelor sapelor cu role, constructorii de sape au trecut la etanşarea lagărelor de construcţie normală, întîrziind astfel apariţia uzurii prin oboseală superficială şi prelungind cu 30% durata de funcţionare a sapei (fig. 4).

În ultimii ani s-a studiat posibilitatea înlocuirii rulmenţilor cu role prin lagăre speciale de alunecare (tip ABAA) la care (uzura prin oboseală superficială să poată fi eliminată), apare uzura de contact ce are un efect cumulativ în timp, conducînd la o uzură lentă, practic uniformă în perioada de exploatare normală.

*Tabelul 3*

**Uzura sapelor cu role folosite în cariera Mahmudia**

| Tipul sapei | Avansamentul, m | Înălţimea dinţilor, mm | | Uzura danturii Df/8 | Jocul radial la lagăre, $Jr$, mm | Uzura lagărelor, | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $h$ | $h_i$ | | | $Jr/Jrm$, mm. | Dr/8 |
| Sape danturate (MTA—244,5) | 0— 50 | 11 | 10 | 1/8 | — | — | — |
| | 50—100 | 10 | 8,5 | 2/8 | 2,2 | 0,37 | 3/8 |
| | 100—200 | 8,5 | 5,6 | 4/8 | 4,8 | 0,80 | 6/8 |
| | 200—236 | 5,6 | 2,2 | 6/8 | 6[1)] | 1,0 | 8/8 |
| Sape cu ştifturi (TEA—KA 244,5) | 0— 50 | 5 | 5 | — | — | — | — |
| | 50—100 | 5 | 5 | — | 2 | 0,28 | 2/8 |
| | 100—200 | 5 | 5 | — | 5 | 0,69 | 6/8 |
| | 200—272 | 5 | 5 | — | 7,2[1)] | 1,00 | 8/8 |

*NOTA* 1 — blocat conurile sapei
$Jrm$ — joc radial maxim la lagăre, mm

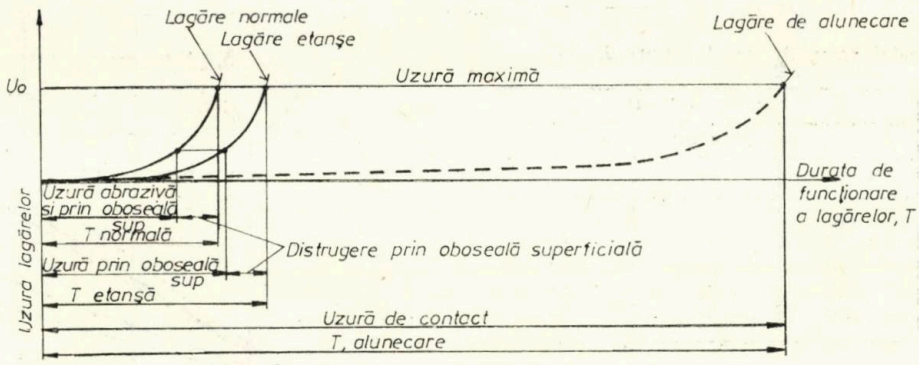



Fig. 4. Schema comparativă a uzurii lagărelor.

## III. Regimul tehnologic al sondezelor din cariere

Asigurarea forării găurilor cît mai eficient depinde de o serie de factori ca : tipul de sapă utilizată, regimul tehnologic aplicat, natura rocilor, pregătirea profesională, priceperea, experiența și îndemînarea sondorilor.

Parametrii regimului tehnologic ai sondezelor — apăsarea, turația și debitul fluidului — trebuie urmăriți permanent ca în funcție de condițiile specifice din cariere să poată fi orientați în scopul obținerii unor performanțe maxime.

Evacuarea rocii de la talpa găurilor, ca prim factor de care depinde eficiența întregului proces de forare, impune condițiile :

- asigurarea vitezei ascensionale minim necesare în spațiul inelar dintre prăjină și gaura de sondă, în funcție de natura și dimensiunile particulelor de rocă dislocată ;
- realizarea debitului optim necesar pentru asigurarea unei bune spălări a tălpii găurii și elementele active ale sapei.

Viteza ascensională a fluidului prin aria inelară dintre peretele găurii de sondă și exteriorul prăjinilor trebuie să asigure ridicarea, de la talpă la suprafață, a celor mai mari particule de rocă rezultate la forare (tab. 4).

Mecanismul curgerii aerului prin spațiul inelar este foarte complex deoarece în acest spațiu avem de-a face cu un amestec de aer și particule de rocă cu forme, mărimi și greutăți specifice diferite. Din această cauză, la viteza aerului presupusă constantă vor exista viteze diferite ale particulelor de rocă.

*Tabelul 4*

**Viteza necesară a aerului (orientativă) pentru evacuarea detritusului din talpa găurilor — cariera Mahmudia**

| Diametrul particulei, mm | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 | 15 | 17 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Viteza minim necesară a aerului în spațiul inelar, m/s | 5,6 | 9,7 | 12,6 | 14,9 | 17,8 | 21,8 | 23,2 | 25,2 |

Chiar de-a lungul spațiului inelar, aceleași particule, prin rostogolire în curentul de aer aflat în regim turbulent și prin frecare de pereții găurii de sondă și a garniturii de prăjini ce se rotește, își modifică forma și mărimea.

Folosirea aerului comprimat, ca fluid pentru forare, permite la viteze ascensionale de 20...46 m/s să se obțină o curățire perfectă a tălpii găurilor de mare diametru și o evacuare integrală a detritusului (tab. 5).

*Tabelul 5*

**Combinații recomandate pentru debitul necesar de aer [4]**

| Diametrul | | Aria inelară a găurii, $A = \frac{\pi}{4}(D_g^2 - D_p^2)$, cm² | Debitul necesar de aer, Nm³/min | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | minim recomandat pentru formațiuni | | maxim recomandat pentru formațiuni |
| găurii, $D_g$, cm | prăjinii, $D_p$, cm | | moi ($V_a$=20) | tari ($V_a$ = 30) | moi și tari ($V_a$ = 45,7) |
| 200,2 | 158,8 | 116,3 | 14,2 | 21,3 | 32,0 |
| 228,6 | 197,0 | 106,1 | 12,9 | 19,5 | 29,3 |
| 251,0 | 219,2 | 117,1 | 14,3 | 21,5 | 32,2 |
| 270,0 | 219,2 | 195,0 | 23,8 | 35,8 | 53,7 |
| 308,0 | 273,2 | 174,8 | 21,4 | 32,1 | 48,1 |
| 381,0 | 273,2 | 316,2 | 38,7 | 58,0 | 87,0 |
| 431,8 | 339,8 | 645,0 | 78,9 | 118,4 | 177,5 |
| 431,8 | 381,0 | 411,6 | 50,4 | 75,5 | 113,3 |

Cu valoarea vitezei ascensionale prestabilite, un calcul aproximativ al debitului necesar de aer se poate face cu ajutorul relației [5] :

$$Q = 47 \cdot K_1 \cdot K_2 (D_g^2 - D_p^2) \cdot V_a, \text{ Nm}^3/\text{min} \quad (2)$$

în care :

$K_1 = 1...1,2$ — coeficient ce ține seama de pierderile de aer din gaura de sondă ;

$K_2$ — coeficient care ține seama de afluxul de apă în găurile de sondă ; pentru găuri uscate $K_2 = 1$, iar pentru găuri cu viituri de apă pînă la 5 l/min, $K_2 = 1,5$ ;

$V_a$ — viteza ascensională a aerului, m/s;

$D_g, D_p$ — diametrul găurii de sondă respectiv al prăjinilor, m.

Rezolvarea mai completă a debitului necesar de aer, pentru un anumit program tehnologic de forare, care să țină cont și de viteza mecanică de avansare ce are drept consecință îmbogățirea amestecului, respectiv mărirea greutății specifice, este prezentată în literatura de specialitate [2; 8], debitul determinîndu-se, în acest caz, prin aproximații succesive (dînd valori debitului pentru a rezulta viteza dorită).

O viteză maximă a aerului în spațiul inelar și un consum minim de aer comprimat se pot realiza numai printr-o corelare optimă a diametrelor garniturii și diametrul nominal al găurii de sondă, a căror raport optim, după unele firme din străinătate, trebuie să fie de maxim 0,77.

Pentru asigurarea unei forări eficiente a găurilor trebuie ca intensitatea spălării lor să crească pe măsura creșterii volumului de rocă dislocată în unitatea de timp și a diametrului particulelor de rocă.

Un factor hotărîtor în obținerea unor performanțe ridicate la forarea mecanică cu aer este și apăsarea axială pe sapă.

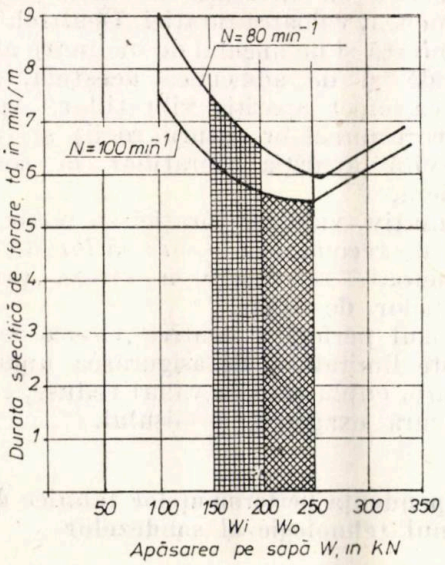
Forța de apăsare aplicată pe sapă, prin intermediul prăjinilor și dispozitivului de apăsare hidraulic, depinde de mărimea găurii și rezistența la compresiune a rocii, forță care poate varia de la 180 daN/cm din diametrul sapei, în rocă moale, la 960 daN/cm din diametrul organului de tăiere, în rocă dură.

Relațiile de calcul ale apăsării recomandate pînă în prezent au un grad mare de aproximație deoarece valoarea necesară poate fi cu totul diferită decît cea rezultată.

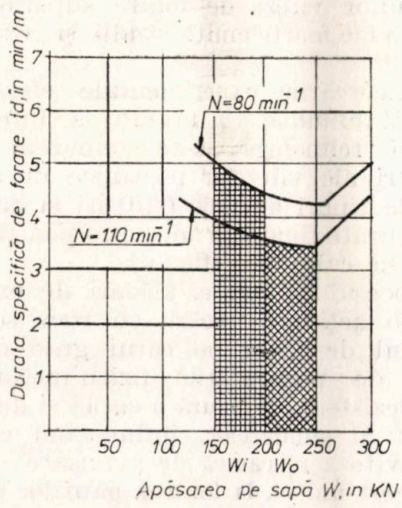
Se precizează însă că valorile apăsărilor stabilite de firmele constructoare de sape sînt mai practice deoarece, în mod cert, ele țin seama și de rezistența rolelor și a suporturilor acestora.

Pentru diferite condiții întîlnite în cariere, tipuri constructive și dimensiuni de sape se recomandă aplicarea de apăsări determinate experimental cu valori care variază în limite strînse întrucît: apăsările mici conduc la uzura sapei fără să se obțină avansamentul corespunzător, iar creșterea exagerată a apăsării pe sapă ar produce depășirea adîncimii specifice maxime de dislocare și deci încărcarea sapei cu detritus, mărirea frecărilor la talpa găurii, precum și îngreuirea condițiilor de răcire a sapei. Luîndu-se în considerare durata specifică de forare, rezultă existența unei valori optime pentru apăsare, în scopul obținerii avansamentului specific maxim (fig. 5).

În practica forării găurilor, pentru a se realiza o dislocare eficientă, este necesar ca apăsarea pe un dinte să fie mai mare decît produsul dintre suprafața de contact și valoarea rezistenței critice a rocii. În caz contrar va avea loc numai o zgîriere a rocii, respectiv o uzură accentuată a sapei.




a.




b.

Fig. 5. Variația duratei specifice de forare a calcarelor din cariera Mahmudia în raport cu apăsarea:

$W_i$ — apăsarea inițială; $W_o$ — apăsări cu performanțe maxime (optime)
*a* — sapă cu știfturi; *b* — sapă danturată

Alt parametru important al regimului de lucru este turația garniturii de forare a găurilor, la stabilirea căreia trebuie să se țină seama de apăsarea pe sapă, de caracteristicile mineralogice ale rocii și de diametrul și forma sapei.

Numărul de rotații cerut în condițiile unei anumite roci și mărimi de gaură de sondă sînt în raport invers cu forța specifică de apăsare.

Formațiunile de roci moi cer, în general, o viteză de rotație mai mare, care duce și la creș-

terea vitezei de penetrație pînă la 2,4—3 m/min, față de numai 0,03 m/min în rocile dure.

Creșterea turației în rocile abrazive conduce la o uzură prematură, din care motiv se va lucra, în acestea, cu turații reduse, iar rocile fisurate sau cu alternație de tărie limitează, de asemenea, valoarea turației. Dealtfel, turația este limitată și de unghiul de înclinare al găurii de sondă și de adîncimea acesteia, ambele avînd ca efect apariția vibrațiilor. Apăsările mari (corespunzător naturii rocii) și turațiile mici evită apariția vibrațiilor la sondezele de carieră.

Orientativ, valoarea turației se poate stabili funcție de recomandările care se fac de firmele constructoare referitoare la viteza periferică a organelor de tăiere.

În cazul perforării rotative ,viteza de avansare este limitată și de asigurarea unui cuplu mai mare, cuplu care, la valori reduse, conduce la o uzură exagerată a tăișului.

## IV. Dependența performanțelor tehnice de regimul tehnologic al sondezelor

Asupra problemelor tehnologice legate de dislocarea rocilor, a metodelor și căilor de obținere a unor viteze de forare superioare s-au făcut și se fac foarte multe studii și experimentări.

Din încercările experimentale efectuate în cariera Mahmudia, ca urmare a intensificării regimului tehnologic, s-au remarcat creșteri de 1,6 ori ale vitezelor mecanice de avansare la ambele tipuri de sape (știfturi și danturate) cele danturate fiind mai adecvate pentru forarea eficientă a calcarelor (fig. 6).

În procesul de forare, alături de extragerea rocii, sub acțiunea frecării cu roca se uzează și organul de tăiere, al cărui grad de uzură depinde de proprietățile fizico-mecanice ale rocilor, rezistența la uzură a sapei și de regimul de lucru al sondezelor, influențînd corespunzător și viteza mecanică de avansare.

Din acest motiv, la forarea găurilor de sondă interesează, în mod deosebit, viteza mecanică medie care se poate urmări mai ușor pe perioada de exploatare a unei sape, mărime ce se poate determina cu relația [2]:

$$V_{Mm} = V_{Mi} \cdot f(\theta), \quad \text{m/h} \qquad (3)$$

unde:

$V_{Mi}$ este viteza mecanică cu sapa nouă sau viteza la un moment dat, m/h;

$f(\theta)$ — funcția de uzură medie cumulativă (fig. 7).

Prelucrînd datele înregistrate în carieră s-a putut evidenția că pe măsura reducerii vitezei mecanice medii, datorită uzurii dinților, durata de săpare a crescut de la gaură la gaură, ajungînd ca la scoaterea din uz a sapei durata pe

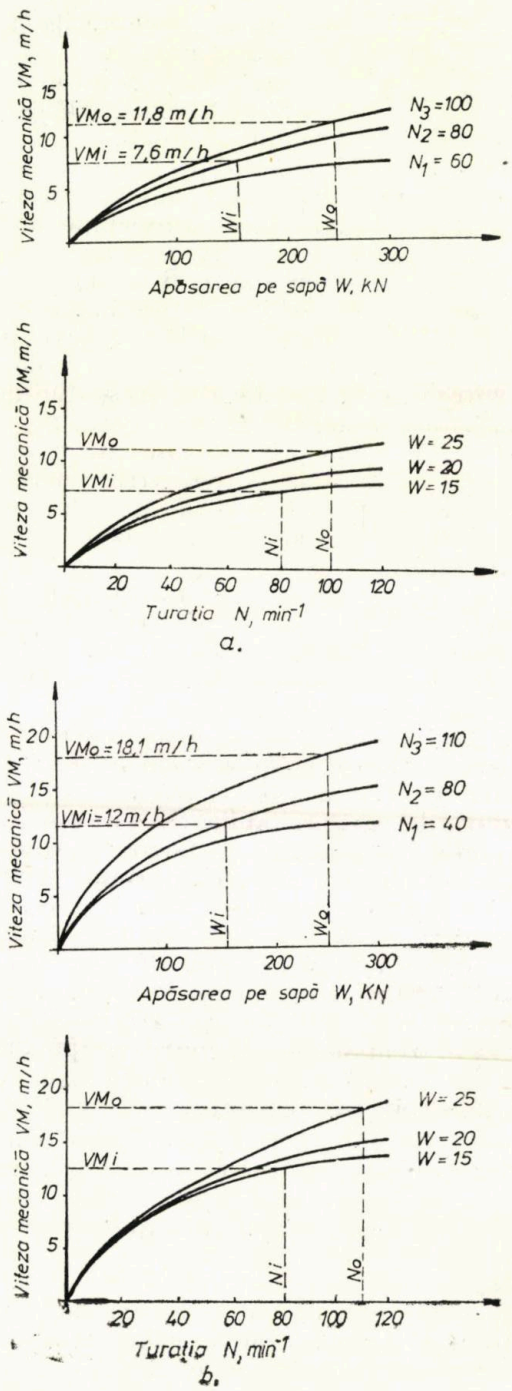



**Fig. 6.** Variația vitezei mecanice în funcție de apăsarea axială și turația garniturii:

*a* — sapă cu știfturi; *b* — sapă danturată

avansament inițială să fie mai mare de peste două ori (tab. 6).

Astfel, momentul extragerii sapei reprezintă un element destul de important în economia forării găurilor de sondă.

La sapele cu știfturi din carburi sinterizate, uzura danturii în calcarele de Mahmudia a fost practic neglijabilă în comparație cu uzura lagărelor.

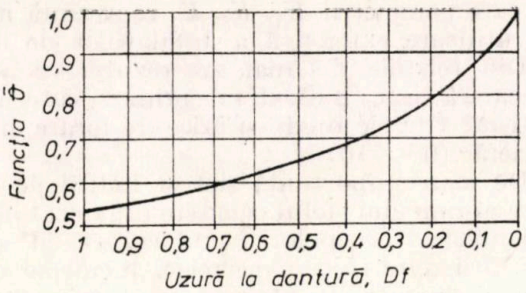



Fig. 7. Graficul funcție de uzură cumulativă.

*Tabelul 6*

**Viteza mecanică medie a sapelor danturate în calcarele de Mahmudia**

| Metrajul realizat, m | Uzura danturii, mm | $f(\theta)$ | Viteza mecanică medie, $V_{Mm}$, m/h | Timpul de săpare, h | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | pe avansament $T_s = \frac{M}{V_{Mm}}$ | cumulat |
| 0— 50 | 0,091 | 0,89 | 16,2 | 3,09 | 3,09 |
| 50—100 | 0,227 | 0,76 | 13,8 | 4,16 | 7,25 |
| 100—200 | 0,491 | 0,66 | 11,9 | 9,60 | 16,85 |
| 200—236 | 0,800 | 0,57 | 10,3 | 6,15 | 23,00 |

În acest caz, pe baza unor încercări experimentale, în funcție de viteza mecanică inițială și durata de funcționare, s-a stabilit relația vitezei mecanice medii pentru sapele cu știfturi utilizate:

$$V_{Mm} = \frac{V_{Mi}}{1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot T_s} l_n (1 + 1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot T_s), \text{ m/h} \quad (4)$$

unde:

$T_s$ este timpul de menținere pe talpă a sapei, h.

Din analiza variației duratelor de funcționare a sapelor cu role și a observațiilor practice, în funcție de factorii de influență, s-a constatat că:

— dantura rezistă mai bine decît lagărele la apăsări mari pe sapă;

— lagărele rezistă mai bine la turații mari, în comparație cu dantura;

— durata de funcționare a sapei scade mult mai rapid cu creșterea turației decît cu creșterea apăsării.

Cu toate că viteza mecanică medie a fost redusă cu numai 20% datorită uzurii danturii (ruperii știfturilor în general), totuși sapele cu știfturi au fost scoase din uz, ca și sapele danturate, din cauza blocării conurilor (tab. 7).

Un indicator de utilizare intensivă, important în urmărirea activității de forare din cariere, este viteza fizică care, pentru o gaură de sondă, se determină cu relația:

$$V_f = \frac{720\ L_s}{T_f}, \quad \text{m/sondeză lună} \quad (5)$$

unde:

$T_f$ este timpul de forare a unei găuri care se compune din timpul productiv ($T_p = T_s + T_m + T_a$) și timpul neproductiv ($T_n = T_i + T_b$).

În alcătuirea timpului productiv, durata procesului de manevră $T_m$ reprezintă un element important în economia forajului.

*Tabelul 7*

**Viteza mecanică medie a sapelor cu știfturi în cariera Mahmudia**

| Metrajul realizat, m | Timp de săpare, $T_s$, h | | Viteza de avansare momentană, $v$, m/h | Viteza mecanică medie, $V_{Mm}$, m/h |
|---|---|---|---|---|
| | pe avansament | cumulat | | |
| 0— 50 | 4,20 | 4,20 | 11,10 | 11,44 |
| 50—100 | 4,80 | 9,00 | 10,35 | 11,07 |
| 100—200 | 10,50 | 19,50 | 8,94 | 10,35 |
| 200—272 | 8,20 | 27,70 | 7,88 | 9,87 |

La o gaură de sondă manevrele ce se execută constau din operațiile mecanice și combinate (manuale și de mașină) de extragere și coborîre a prăjinilor sau pentru schimbarea sapei.

În general, durata operațiilor pur mecanice și combinate pentru extragerea și introducerea garniturii de prăjini depinde de: adîncimea sondei $L_s$, numărul de marșuri $n_p$, cinematica sistemului de manevră (viteza și puterea mecanică a sondei) și lungimea prăjinilor $l_p$.

Durata operațiilor combinate și a celor manuale mai este influențată și de calificarea echipei de deservire a sondezei, caracteristicile sistemului de manevră și condițiile atmosferice.

Pentru aceeași lungime, greutatea prăjinii (normale și grea) are influență neglijabilă asupra duratei operațiilor manuale și combinate.

În această situație, întîlnită frecvent la sondezele din cariere, durata operațiilor de manevră pentru o gaură de sondă se propune a fi calculată cu relația:

$$T_m = \frac{L_s}{60}\left[\frac{1}{l_p}(t_{cp} + t_{ip})\left(1 + \frac{L_s}{M}\right) + \frac{t_s}{M}\right], \text{ h} \quad (6)$$

unde:

$M$ este metrajul realizat de sapă, m;

$t_{ep}$, $t_{ip}$ — durata de extragere, respectiv introducere a unei prăjini, min;

$t_s$ — durata pentru schimbarea sapei, min.

Pe baza datelor experimentale, la forarea calcarelor cu sondeze la diametrul de 250 mm s-a stabilit că pentru o gaură de 25 m lungime, durata medie de manevră pentru sapele cu știfturi este, la un avansament de 15% mai mare, cu numai 2% mai mică față de sapele danturate (tab. 8).

Pentru realizarea de manevre rapide care, în general, să se înscrie în limita minimă, se

*Tabelul 8*

**Durata manevrei la o gaură de sondă ($L_s$=25m) cu SBS—250**

| Operația | Durata de manevră | | |
|---|---|---|---|
| | minimă | maximă | medie |
| Extragerea unei prăjini, $t_{ep}$, min | 6 | 10 | 8 |
| Introducerea prăjinii, $t_{ip}$, min | 4 | 8 | 6 |
| Schimbarea sapei, $t_s$, min | 10 | 16 | 13 |
| Durata de manevră a unei găuri de 25 m lungime, $T_m$, h | 0,584* | 1,05 | 0,817 |
| | 0,593** | 1,067 | 0,83 |

*NOTA*: *; * * — reprezintă date pentru sapele cu știfturi, respectiv danturate

impune folosirea rațională a puterii sondezei cu respectarea cinematicii troliului.

Reducerea timpului de manevră la forarea mecanică a găurilor este de o importanță deosebită pentru că, în acest caz, el are o putere însemnată în structura timpului de lucru.

Pentru anumite condiții date, durata procesului de manevră poate fi considerată aproximativ constată, regimul tehnologic influențînd, în final, structura generală a timpului de lucru al sondezelor și, respectiv, eficiența întregii activități dintr-o carieră (tab. 9).

Cunoscînd structura timpului de lucru al unei sondeze, viteza fizică se poate exprima, într-o formulă mai simplă, în funcție de viteza mecanică cu ajutorul relației:

$$V_f = 720\ V_{Mm} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad \text{m/sondeză lună} \qquad (7)$$

în care parametrii $K_1$, $K_2$, $K_3$ reprezintă indicii de utilizare extensivă a instalațiilor de lucru.

Din relațiile de mai sus rezultă că viteza mecanică este indicatorul primar care influențează vitezele medii și fizice de forare dintr-o carieră (tab. 10).

De mare importanță sînt și indicii de utilizare ai timpului (felul cum este organizat lucrul, îndemînarea echipelor, lucrul corect) în sensul scurtării duratelor manevrelor, lucrărilor auxiliare și eliminării lucrărilor neproductive, pentru a face să crească viteza fizică, a cărei influență se reflectă în prețul de cost al lucrărilor.

Prin schimbarea regimurilor de lucru la sondezele din cariera Mahmudia s-au obținut creșteri a vitezei fizice de aproximativ 1,35 ori și reduceri a timpului de săpare cu circa 30%, care au determinat și creșterea eficienței activității de forare a calcarelor.

## V. Dependența rezultatelor economice de performanțele tehnice ale sondezelor

O activitate industrială fără eficiență economică este de neconceput, din care motiv și la forarea găurilor de sondă se impune necesitatea unui ansamblu de acțiuni și activități care urmăresc să asigure desfășurarea normală și eficientă a procesului.

Alături de viteza fizică a sondezelor, eficacitatea activității de forare este urmărită și prin intermediul costurilor care cuprind totalitatea cheltuielilor materiale și bănești pentru realizarea unității de produs și oglindesc calitatea

*Tabelul 9*

**Structura timpului de lucru pentru forarea unei găuri cu SBS—250**

| Operația | Simbol | Durata operațiilor | | | | | Dependența operațiilor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | min. | % | | | | |
| | | | tipul sapei | | | | |
| | | | cu știfturi danturate | | | | |
| | | | regimul de lucru | | | | |
| | | | A | B | C | D | |
| INACTIVĂ: demontaj-transport-montaj | $T_i$ | 33 | 7,2 | 10,0 | 7,9 | 10,3 | — viteza de deplasare a forezei; îndemînarea și experiența lucrătorilor; |
| ACTIVĂ: | $T_p$ | | 79,5 | 71,4 | 77,5 | 70,8 | — natura rocilor; |
| — foraj | $T_s$ | × | 61,7 | 46,5 | 57,9 | 45,3 | — caracteristicile sondezei; |
| — manevre | $T_m$ | 80 | 17,4 | 24,3 | 19,1 | 24,8 | — regimul de lucru; |
| — probe mecanice și de producție (auxiliare) | $T_a$ | 2 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | — gradul de uzură; |
| BLOCARE: | $T_b$ | 61 | 13,3 | 18,6 | 14,6 | 18,9 | — gradul de asigurare cu piese și materiale; |
| — aprovizionare | $T_{ap}$ | 3 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | — condițiile de muncă și climaterice; |
| — reparații și revizii | $T_{rr}$ | 45 | 9,8 | 12,7 | 10,8 | 14,0 | |
| — opriri organizatorice | $T_{or}$ | 4 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | — specializarea lucrătorilor; |
| — rezolvare complicații | $T_c$ | 4 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | — frecvența împușcărilor; |
| — resăpări | $T_{res}$ | 5 | 1,1 | 1,6 | 1,1 | 1,6 | — natura rocilor. |
| Timpul total de forare, min | $T_f$ | 459 | | 329 | 418 | 322 | |

*NOTA*: X = 283; 153; 242; 146 min corespunzător regimului de lucru A; B; C; D

*Tabelul 10*

**Variaţia vitezelor de forare în calcare cu SBS–250**

| Regimul de lucru | Viteza mecanică medie, $V_{Mm}$, m/h | Indicii de utilizare extensivă a sondezei | | | Viteza fizică, $V_f$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | săpare | operativ | productiv | m/h | m/sondeză şi lună |
| | | $K_1 = \frac{T_s}{T_s + T_m}$ | $K_2 = \frac{T_s + T_m}{T_p}$ | $K_3 = \frac{T_p}{T_f}$ | | |
| **A** ($W = 15$ ; $N = 80$) | 5,3 | 0,78 | 0,99 | 0,80 | 3,30 | 2 353 |
| **B** ($W = 25$ ; $N = 100$) | 9,87 | 0,66 | 0,99 | 0,72 | 4,56 | 3 283 |
| **C** ($W = 15$ ; $N = 80$) | 6,2 | 0,76 | 0,99 | 0,77 | 3,60 | 2 584 |
| **D** ($W = 25$ ; $N = 110$) | 10,3 | 0,65 | 0,99 | 0,71 | 4,70 | 3 354 |

întregii activităţi a unităţii respective de producţie.

Utilizarea unei sondeze pentru forarea găurilor într-o carieră presupune divizarea activităţii acesteia în trei categorii de timp : inactiv, productiv şi de blocare, cărora le corespund anumite costuri (tab. 9).

În mod general, se precizează că în perioada inactivă — de mutare de la o gaură la alta a sondezei — costul operaţiilor este dat de cota de amortisment şi cheltuielile corespunzătoare manoperei, transportului şi consumului auxiliar de materiale, cheltuieli indirecte.

În perioada activă (săpare, manevre şi probe) şi de blocare a instalaţiei, costul operaţiilor este determinat de amortismentul global, cotele de uzură şi reparaţii, consumul de energie şi materiale, aprovizionarea tehnică, manoperă, conducere.

Pentru stabilirea costurilor orare ale unei sondeze în cariere, se utilizează metoda urmăririi singulare care, deşi nu leagă costul orar de regimul de lucru, este avantajoasă prin simplitatea şi gradul ei de confienţă.

Costul orar al unei sondeze este dependent, în anumite limite, de intervalul de adîncime la care se lucrează, tipul sapei şi al rocilor, parametrii regimului tehnologic (fig. 8).

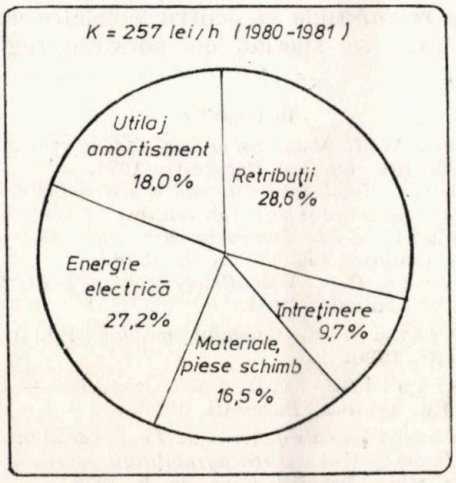



Fig. 8. Distribuţia informativă a costului orei de funcţionare pentru sondeza de 250 mm din cariera Mahmudia.

În scopul realizării unui cost minim pe metru de gaură forată, cunoaşterea, chiar şi aproximativă, a costului orei de funcţionare $K$ este de mare importanţă în conducerea optimă a procesului de forare.

Costul metrului forat, la o gaură de sondă în carieră, se poate determina pe baza relaţiei :

$$C = \frac{K\left(T_s + T_m \frac{M}{L_s}\right) + S}{V_{Mm} \cdot T_s}, \quad \text{lei/m} \qquad (8)$$

în care factori de influenţă, în afara celor cunoscuţi şi definiţi anterior, este costul sapei $S$, în lei.

Pentru reducerea costului unitar la forarea găurilor este necesară creşterea productivităţii pe seama creşterii vitezei de avansare, reducerea consumurilor specifice de materiale şi cheltuielilor generale ale secţiei şi întreprinderii, utilizarea raţională a parcului de sondeze.

În programarea activităţii dintr-o carieră, de mare importanţă este şi durata calendaristică a forării găurilor, de care depinde realizarea ritmică a producţiei, indicator ce se poate determina cu formula :

$$T_c = (1 + C_{tn}) \frac{T_s + T_m \frac{M}{L_s}}{24} \cdot$$

$$\cdot \frac{1\,000}{V_{Mm} \cdot T_s}, \quad \text{d/1 000 m} \qquad (9)$$

În cazul luării în considerare a producţiei anuale, relaţia (9) se poate pune sub forma :

$$T_c = (1 + C_{tn}) \frac{T_s + T_m \frac{M}{L_s}}{24} \cdot$$

$$\cdot \frac{V}{V_{Mm} \cdot T_s}, \quad \text{d/V}$$

*Tabelul 11*

**Performanţele tehnice şi economice înregistrate în cariera Mahmudia cu SBS—250**

| Sapa | | Performanţe | | | | | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | tehnice | | | economice | | |
| Tip | $S$, lei | $V_{Mm}$, m/h | $T_s$, h | $M = V_{Mm} \cdot T_s$, m | $C$, lei/m | $T_c$, d/1 000 m | |
| Cu ştifturi | 18 900 | 5,3 | 52,8 | 280 | 130,0 | 12,2 | — |
| | | 9,87 | 27,7 | 272 | 109,0 | 8,3 | regim intensificat |
| Danturată | 3 500 | 6,2 | 39,5 | 245 | 69,5 | 11,0 | — |
| | | 10,3 | 23,0 | 236 | 39,8 | 8,1 | regim intensificat |

în care :

$V = A/y$ este volumul de gaură necesar de realizat în cursul anului, m;

$A$ — producţia de substanţă minerală programată a fi extrasă, $m^3$;

$y = a \times b$ — modelul forării găurilor dè sondă, $m^2$;

$C_{tn}$ — cota timpilor neproductivi din perioada calendaristică de lucru, %;

$a, b$ — distanţa dintre găuri, respectiv dintre rînduri, m.

Performanţele economice pentru cazul studiat scot în evidenţă că deşi duratele de forare cu cele două tipuri de sape sînt sensibil apropiate, în schimb, costurile unitare variază în limite largi fiind de 1,8—2,7 ori mai mari la sapele cu ştifturi faţă de sapele danturate.

Aplicarea unor noi regimuri tehnologice oferă, pentru acelaşi tip de sapă, posibilitatea obţinerii unor creşteri anuale de 1,35 ori a metrajului de gaură forată şi reducerea cu pînă la 40% a costurilor de producţie aferente forării găurilor din carieră.

## Concluzii

Din ansamblul de probleme prezentate sau experimentate în condiţiile forării rocilor cu sondeze de mare diametru, au putut fi desprinse concluziile.

● Utilizarea în cariera Mahmudia a unor sondeze rotative cu posibilitatea schimbării regimurilor de lucru în funcţie de natura rocilor a demonstrat posibilitatea obţinerii unor viteze mecanice de avansare superioare de pînă la 15—20 m/h, atrăgînd după sine şi realizarea unor performanţe economice de mare eficienţă.

● Alegerea corectă a sapelor tricon, din gama variată de tipo-construcţii, din aliaje dure sau carburi sinterizate, pe baza unor încercări prealabile în rocile supuse dislocării şi extinderea construcţiei sapelor cu lagăre de alunecare a căror durată de funcţionare este de peste 3 ori mai mare decît a lagărelor etanşate, vor putea determina obţinerea, în actualele cariere, a unor rezultate tehnice şi economice superioare.

● Selectarea organelor de tăiere şi stabilirea regimurilor de lucru pentru sondezele din cariere trebuie făcute pe baza criteriilor (costuri unitare minime, consumuri specifice de energie, avansament şi viteze maxime) care să permită optimizarea activităţii de forare. În cariera Mahmudia, prin schimbarea regimului tehnologic la sondeze au fost obţinute viteze de avansare, valori ale costurilor şi consumuri specifice de energie pentru dislocarea din talpă cu sapele danturate de 1,3—2,5 ori mai avantajoase faţă de sapele cu ştifturi, deşi acestea au avut avansamentul cu 15% mai mare.

● Efectul economic preconizat de aproape un leu pe tona de substanţă minerală extrasă în cazul studiat, prin alegerea judicioasă a sculelor de talpă şi a parametrilor — apăsare, turaţie — de lucru, reprezintă resurse importante de economii într-o mare carieră.

Ca urmare, procedeul prezentat de analiză a factorilor de influenţă asupra lucrărilor de forare se recomandă şi pentru celelalte cariere mari dotate, în special, cu sondeze reglabile de lucru.

### Bibliografie


[1] Maurer, W. C. *Melode noi de foraj* (Traducere din limba engleză). Ed. tehnică, Bucureşti, 1971.

[2] Tatu, Gr. *Conducerea optimală a sistemului de forare a sondelor de petrol şi gaze*. Ed. tehnică, Bucureşti, 1978.

[3] Nelmark, D. J. *Large-Diameter Elast Hole Drills* Mining Congres Journal, nr. 8, 1980.

[4] Chironis, P. N. *Wider Chioce of Large Drills Ofered.* Coal Age, ianuarie, 1981.

[5] Mureşeanu, V. *Carotajul mecanic*. Ed. tehnică, Bucureşti, 1980.

[6] Constantinescu, D. ş. a. *Carnet tehnic — sape de foraj*. Ed. tehnică, Bucureşti, 1976.

[7] Constantinescu, D. ş. a. *Lagăre de alunecare — factor important al creşterii durabilităţii sapelor de foraj* Revista Mine, Petrol şi Gaze, nr. 6, 1979.

[8] Iordache, G. *Foraje speciale*. Ed. tehnică, Bucureşti, 1977.

# Nomograme pentru verificarea rețelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor

Conf. dr. ing. **M. Păsculescu,**
șef lucr. ing. **Al. Pădure,**
ing. **C. Covaliov,**
ing. **Gabriela Feier**

## I. Considerații generale

La pornirea motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit, cu care sînt acționate utilajele din abataj, curentul absorbit de acestea poate fi de 4 ÷ 8 ori mai mare decît curentul lor nominal. Datorită secțiunilor relativ mici și a lungimii mari a rețelelor de sector, pierderea de tensiune provocată de curentul de pornire poate atinge valori mari, ceea ce duce la o scădere inadmisibilă a tensiunii la bornele motorului și deci a cuplului dezvoltat de acesta.

De asemenea, întrucît rețeaua de sector alimentează, de obicei, mai multe motoare, este posibil ca la pornirea unuia din ele, tensiunea la bornele celorlalte motoare în funcțiune să scadă în așa măsură, încît cuplul motor să devină mai mic decît cel rezistent și unele din motoare să se oprească, ajungînd în regim de scurtcircuit. Asemenea situații apar îndeosebi în cazul utilajelor care funcționează cu șocuri de sarcină care depășesc cuplul maxim de „răsturnare" al motorului la o tensiune redusă de alimentare a acestuia.

Un alt efect posibil al pierderii mari de tensiune, datorită pornirii motoarelor din abataj, este deconectarea intempestivă a întreruptoarelor din punctul de distribuție de abataj. Din cauza pierderii de tensiune pe cablul armat și transformatorul de forță, produsă de curentul mare de pornire, tensiunea la bornele bobinei contactoarelor din circuitul motorului care pornește sau din circuitele celorlalte motoare poate să scadă sub valoarea tensiunii de reținere. În acest caz, armătura mobilă a contactorului se eliberează producînd deconectarea întreruptoarelor respective, fără ca să existe vreo avarie în rețea.

Întrucît pierderile de tensiune cele mai mari au loc la pornirea celui mai mare și mai îndepărtat motor, rezultă că rețeaua electrică minieră de sector trebuie să se verifice în acest caz din două puncte de vedere [2 ; 10 ; 11]:

- dacă scăderea tensiunii pe care o provoacă este admisibilă în privința micșorării cuplului motor ;
- dacă scăderea tensiunii pe care o provoacă este admisibilă în privința reținerii în poziție conectată a întreruptoarelor din punctul de distribuție de abataj.

În literatura tehnică de specialitate [5 ; 11] se prezintă metode analitice de verificare a celor două condiții, dintre care cele mai uzuale sînt : metoda aproximațiilor succesive și metoda impedanțelor echivalente.

Metodele analitice necesită, pe de o parte, calcule lungi și laborioase, iar pe de altă parte, aceste calcule trebuie refăcute periodic datorită avansării fronturilor de lucru, a modificării lungimii rețelelor, a numărului și puterii consumatorilor, a tensiunii primare de alimentare a transformatorului de forță etc.

Din motivele arătate, în practică se pot folosi cu succes metode grafice, expeditive, bazate pe folosirea unor nomograme. În lucrarea de față, utilizînd relațiile analitice de calcul, se concep scheme logice și programe care, după rularea lor pe calculatorul electronic, permit obținerea datelor necesare întocmirii de nomograme pentru verificarea rețelelor electrice miniere de sector în regim de pornire al motoarelor. Acestea vin să completeze nomogramele întocmite pentru calculul rețelelor electrice miniere de joasă tensiune în regim normal de lucru a motoarelor, care au constituit obiectul unor alte lucrări ale autorilor [7 ; 9].

## II. Calculul parametrilor rețelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor

Alimentarea motoarelor asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit ale combinelor de abataj trebuie să se realizeze de la rețele care să asigure la pornire o tensiune la borne care să nu scadă sub 80% din tensiunea nominală [1 ; 2 ; 5]. Din acest motiv este necesară verificarea rețelelor electrice de cabluri alese în regim normal de lucru a motoarelor [6 ; 9], la condițiile de pornire a motorului care are puterea cea mai mare și este cel mai îndepărtat. În sectoarele productive subterane, aceste motoare sînt, în mod obișnuit, cele ale combinelor, ale instalațiilor cu pluguri de abataj, ale transportoarelor blindate sau cele ale complexelor mecanizate.

### 1. *Calculul tensiunii reale la bornele motoarelor*

Pentru determinarea valorii tensiunii la bornele motorului, trebuie să cunoaștem următorii parametri : puterea aparentă nominală a transformatorului de putere instalat în postul de transformare de sector, lungimea și secțiunea cablului flexibil, lungimea și secțiunea cablului armat, tipul motorului, valoarea reală a tensiunii la mersul în gol a transformatorului de

forță, sarcina pe cablul armat corespunzătoare motoarelor care funcționează la sarcină nominală.

Tensiunea la bornele motorului în regim de pornire se poate determina cu relația [2 ; 8] :

$$U_{mp} = \frac{U_0 - \sqrt{3}\,(R\cos\varphi_{ca} + X\sin\varphi_{ca})\sum_{j=1}^{q} I_{oj}}{1 + \sqrt{3}\,\frac{I_{pN}}{U_N}\,(R_T\cos\varphi_p + X_T\sin\varphi_p)} \qquad (1)$$

unde :

$U_0$ este tensiunea reală la mersul în gol al transformatorului din postul de transformare de sector (690 V sau 420 V);

$R = r_T + r_{oca} L_{car}$ — suma dintre rezistența transformatorului și rezistența cablului armat ($r_{oca}$ — rezistența specifică a cablului armat corespunzătoare secțiunii de 50 mm$^2$), Ω;

$X = x_T + x_{oca} L_{car}$ — suma dintre reactanța transformatorului și reactanța cablului armat ($x_{oca}$ — reactanța specifică a cablului armat corespunzătorare secțiunii de 50 mm$^2$), Ω;

$q$ — numărul motoarelor care funcționează în regim de sarcină nominală;

$I_{oj}$ — sarcina nominală a motorului $j$, A;

$I_{pN}$ — curentul de pornire al motorului, A, corespunzător tensiunii nominale, $U_N$, V;

$R_T = r_T + r_{oca} L_{car} + r_{ocf} L_{cfr}$ — suma dintre rezistențele transformatorului, cablului armat și cablului flexibil ($r_{ocf}$ — rezistența specifică a cablului flexibil corespunzătoare secțiunii de 50 mm$^2$, iar $L_{cfr}$ — lungimea redusă a cablului flexibil corespunzătoare secțiunii de 50 mm$^2$), Ω;

$X_T = x_T + x_{oca} L_{car} + x_{ocf} L_{cfr}$ — suma dintre reactanțele transformatorului, cablului armat și cablului flexibil ($x_{ocf}$ — reactanța specifică a cablului flexibil corespunzătoare secțiunii de 50 mm$^2$), Ω;

$\cos\varphi_p$ — factorul de putere al motorului în regim de pornire.

Pentru construcția nomogramelor, formula (1) se transformă în :

$$U_{mp} = \frac{U_0}{1 + \sqrt{3}\,\frac{I_{pN}}{U_N}\,(R_T\cos\varphi_p + X_T\sin\varphi_p)} \cdot \frac{U_r}{U_0} \qquad (2)$$

unde :

$$U_r = U_0 - \sqrt{3}\,(R\cos\varphi_{ca} + X\sin\varphi_{ca})\sum_{j=1}^{q} I_{oj} \qquad (3)$$

reprezintă valoarea tensiunii reale la bornele transformatorului, V.

2. *Principiul de construcție al nomogramelor pentru calculul tensiunii reale la bornele motoarelor*

Pentru construcția nomogramelor se folosesc trei cadrane de coordonate rectangulare.

P r i m u l c a d r a n al nomogramelor se construiește pe baza relației care reprezintă dependența dintre impedanța totală a rețelei $Z_T$ care alimentează motorul care pornește de parametrii cablului și transformatorului,

$$Z_T = (r_T\cos\varphi_p + x_T\sin\varphi_p) + L_{cr}\,(r_0\cos\varphi_p + x_0\sin\varphi_p) \qquad (4)$$

unde :

$L_{cr}$ — reprezintă lungimea totală raportată a cablului armat și a cablului flexibil, km;

$r_0$ — rezistența specifică a cablului cu secțiunea de 50 mm$^2$, Ω/km;

$x_0 = \frac{x_{oca} + x_{ocf}}{2}$ — reactanța specifică a cablului cu secțiunea de 50 mm$^2$, Ω/km.

Lungimea totală raportată a cablurilor este :

$$L_{cr} = L_{cfr} + L_{car} = k_{1r} L_{cf} + k_{2r} L_{ca} \qquad (5)$$

unde $k_{1r}$ și $k_{2r}$ sînt coeficienții de raportare pentru cablul flexibil și cablul armat.

Suma lungimilor raportate ale cablurilor flexibil și armat $L_{cr}$ este fixată pe axa absciselor primului cadran al nomogramelor, iar impedanța totală $Z_T$ pe axa ordonatelor (fig. 1 și 2). Variația mărimii $Z_T$ în funcție de lungimea $L_{cr}$ se trasează pentru diferite tipuri și puteri nominale aparente ale transformatoarelor din postul de transformare de sector.

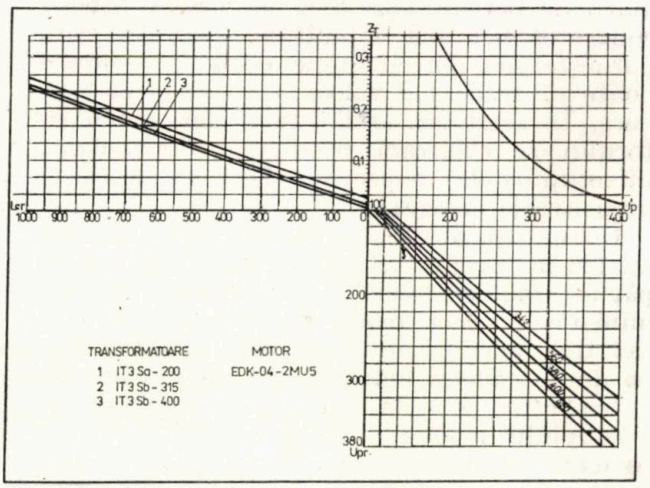



Fig. 1. Nomograme pentru determinarea tensiunii reale la bornele motoarelor în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria IT3Sb(a).

În al d o i l e a c a d r a n al nomogramelor se calculează o valoare convențională a tensiunii

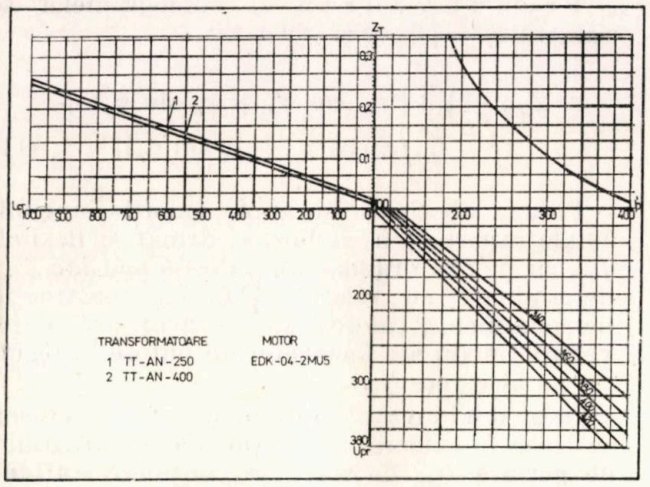



Fig. 2. Nomograme pentru determinarea tensiunii reale la bornele motoarelor în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria TT—AN.

la bornele motorului în regim de pornire $U'_p$, considerînd că tensiunea de mers în gol este $U_0$ și nu există altă sarcină pe transformator, utilizînd relația:

$$U'_p = \frac{U_0}{1 + \sqrt{3}\frac{I_{pN}}{U_N} Z_T} \qquad (6)$$

În al treilea cadran se realizează trecerea de la tensiunea convențională $U'_p$ la tensiunea reală de la bornele motorului în regim de pornire $U_{pr}$, cu luarea în considerare a tensiunii reale la bornele transformatorului $U_r$, determinate de funcționarea la sarcină nominală a celorlalți consumatori. În acest scop se folosește relația:

$$U_{pr} = \frac{U'_p U_r}{U_0} \qquad (7)$$

La întocmirea nomogramelor pentru calculul tensiunii reale la bornele motoarelor în regim de pornire, valoarea factorului de putere cos $\varphi_p$ s-a luat corespunzător tipului de motor de acționare sau se adoptă ca o valoare medie pentru un grup de motoare de acționare ale combinelor de abataj. Gruparea motoarelor de acționare ale combinelor se face în așa fel încît eroarea cauzată de diferența dintre valoarea factorului de putere real și cea adoptată în calcule să nu depășească 2—5% [7; 8].

Avînd în vedere că în cadranele I și III funcțiile sînt liniare, calculele s-au efectuat doar pentru două valori ale mărimii $L_{cr}$ (500 și 1 000 m). Valorile coeficienților de reducere s-au determinat cu relațiile cunoscute din literatura de specialitate [9]. Pentru exemplificare, în figurile 3 și 4 se prezintă nomogramele întocmite pentru determinarea tensiunii reale la bornele motorului tip EDK—04—2MU5 (din dotarea combinelor 2K—52, KS1—KG, CA—1), în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria IT3Sb(a), respectiv din seria TT—AN.

Determinarea valorii tensiunii reale la bornele motorului în regim de pornire cu ajutorul nomogramelor se execută astfel:

- pentru valorile cunoscute ale secțiunii și lungimii cablului armat, a tipului și puterii transformatorului de forță din PTS și a sarcinii pe cablul armat corespunzătoare motoarelor care funcționează în regim de sarcină nominală se calculează pierderea de tensiune pe transformator și cablul armat; aceste pierderi se pot determina, fie analitic, fie după nomogramele prezentate în literatura tehnică de specialitate [7; 8; 9];
- cunoscînd lungimea totală raportată a cablului armat și a cablului flexibil de la transformator pînă la motorul pentru care se execută calculul, din punctul corespunzător al axei absciselor primului cadran se ridică o verticală pînă la intersecția liniei corespunzătoare tipului și puterii de transformator existent în PTS;
- din punctul din intersecție se duce o orizontală pînă la intersecția în cel de-al doilea cadran cu diagrama corespunzătoare tipului de motor;
- din punctul de intersecție obținut în cel de-al doilea cadran se coboară o perpendiculară pe axa absciselor care se prelungește în cel de-al treilea cadran pînă la intersecția cu dreapta corespunzătoare diferenței tensiunii de mers în gol $U_0$ și a pierderii de tensiune pe transformator și cablul armat, pierdere cauzată de motoarele ce funcționează la sarcină nominală;
- ducînd din punctul determinat în cadranul III o orizontală, se obține pe axa ordonatelor un punct care corespunde tensiunii reale la bornele motorului în regim de pornire.

Dacă tensiunea aflată este cel puțin egală cu tensiunea minimă admisă la bornele motorului, rezultă că secțiunile și lungimile cablurilor sînt corect alese.

În cazul în care la construcția nomogramelor calculul pierderilor de tensiune pe cablul armat și transformator se execută algebric, eroarea de calcul după nomograme a tensiunii reale la bornele motoarelor nu depășește 0,5%.

3. *Calculul curentului real de pornire al motoarelor*

Curentul de pornire al unui motor asincron se dă în mod obișnuit în cataloage, corespunzător unei tensiuni de alimentare nominale. Datorită pierderilor mari de tensiune pe rețea, care depind tocmai de valoarea curentului de pornire, tensiunea la bornele motorului este mult mai mică decît cea nominală și deci curentul de pornire este și el mai redus. În

consecință, pentru calculul pierderilor de tensiune la pornire este necesar deci să se determine curentul de pornire a cărui valoare reală de fapt nu se cunoaște, căci depinde de pierderea de tensiune care s-a propus să fie calculată. Mărimea curentului real de pornire este utilizată pe de altă parte și pentru reglarea protecției maximale de curent și pentru alegerea siguranțelor fuzibile, din dotarea aparatelor de comutație ale rețelelor electrice miniere de sector.

Metodele analitice de calcul (metoda aproximațiilor succesive, metoda impedanțelor echivalente) prezentate în literatura tehnică de specialitate [2; 5; 10; 11] necesită, în primul rînd, calcule lungi și laborioase, iar în al doilea rînd ele trebuie să fie refăcute periodic datorită avansării fronturilor de lucru, a modificării rețelelor, a numărului și puterii consumatorilor, a tensiunii primare de alimentare a transformatorului de forță etc.

Din motivele amintite în practică se pot folosi, în mod expeditiv și eficient, metode grafice, bazate pe utilizarea unor nomograme.

Valoarea curentului real de pornire al unui motor, în condițiile de lucru în regim nominal a celorlalte motoare alimentate de la același transformator de putere, se determină cu relația [6; 7];

$$I_{pr} = \frac{U_0 - (\Delta U_{TN} + \Delta U_{caN})}{\sqrt{3}\left[1 + \sqrt{3}\frac{I_{pN}}{U_N}(R_T \cos\varphi_p + X_T \sin\varphi_p)\right](r_{mp}\cos\varphi_p + x_{mp}\sin\varphi_p)} \quad (8)$$

în care $\Delta U_{TN}$ și $\Delta U_{caN}$ reprezintă, respectiv, pierderile de tensiune pe transformatorul de forță și pe cablul armat, pierderi produse de sarcina celorlalte motoare care funcționează în regim nominal, în $V$, iar $r_{mp}$ și $x_{mp}$ — rezistența și reactanța pe fază a motorului care pornește, în $\Omega$.

Ținînd cont de impedanța motorului care pornește și care este dată de relația:

$$Z_{mp} = r_{mp}\cos\varphi_p + x_{mp}\sin\varphi_p \quad (9)$$

după transformări formula (8) devine:

$$I_{pr} = \frac{U_0}{\frac{U_N}{I_{pN}} + \sqrt{3}\,[(r_T\cos\varphi_p + x_T\sin\varphi_p) + L_{cr}(r_0\cos\varphi_p + x_0\sin\varphi_p)]} \cdot \frac{U_r}{U_0} \quad (10)$$

4. *Principiul de construcție al nomogramelor pentru calculul curentului real de pornire al motoarelor*

Nomogramele se construiesc în sistemul de coordonate rectangulare, cu trei cadrane.

P r i m u l c a d r a n al nomogramelor se construiește pe baza relației:

$$Z_{Tp} = \sqrt{3}\,[(r_T\cos\varphi_p + x_T\sin\varphi_p) + L_{cr}(r_0\cos\varphi_p + x_0\sin\varphi_p)] \quad (11)$$

Pe axa absciselor se așază valorile lungimii totale raportate a cablurilor, armat și flexibil, $L_{cr}$, iar pe axa ordonatelor valorile mărimii $Z_{Tp}$, determinate cu relația (11). La construcția nomogramelor, motoarele se grupează după valorile medii ale factorului de putere în regim de pornire, $\cos\varphi_p$.

În al d o i l e a c a d r a n, pe axa absciselor se trece o valoare convențională a curentului de pornire $I'_{pr}$, deoarece se consideră că tensiunea de mers în gol a transformatorului de forță din postul de transformare de sector este egală cu valoarea tensiunii corespunzătoare curentului de pornire nominal, $U_0 = U_{TN}$, iar sarcina cauzată de celelalte motoare este nulă. Valoarea convențională a curentului de pornire este dată de relația:

$$I'_{pr} = \frac{U_{TN}}{\frac{U_N}{I_{pN}} + Z_{Tp}} \quad (12)$$

Pentru a executa trecerea de la valoarea convențională obținută cu relația (12) la valoarea reală a curentului de pornire, care ține cont, atît de curentul absorbit de la rețea de celelalte motoare în regim de sarcină nominală, cît și de valoarea reală a tensiunii de mers în gol a transformatorului de putere, se va utiliza cel de-al t r e i l e a c a d r a n al nomogramelor, în care, curentul real de pornire al motorului, $I_{pr}$, se citește pe axa ordonatelor, corespunzător valorii reale a tensiunii de mers în gol.

În figurile 3 și 4 se prezintă nomogramele construite pentru determinarea curentului real de pornire al motorului de tipul EDK—04—2MU5, în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria IT3Sb(a), respectiv din seria TT—AN. La realizarea acestor nomograme, valorile coefici-

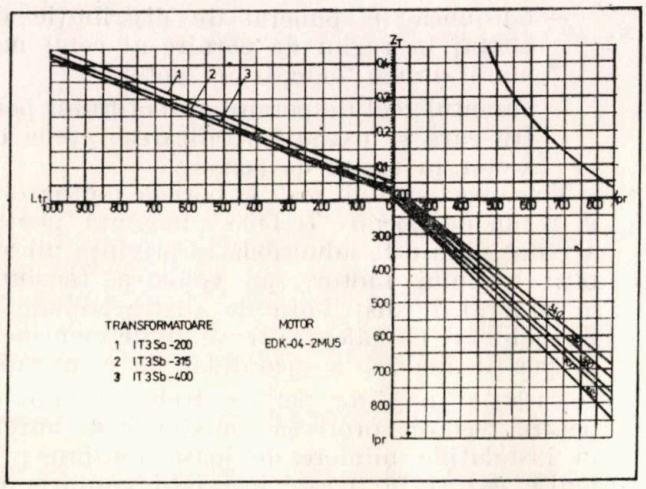



Fig. 3. Nomograme pentru determinarea curentului real dè pornire a motoarelor în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria IT3Sb(a).

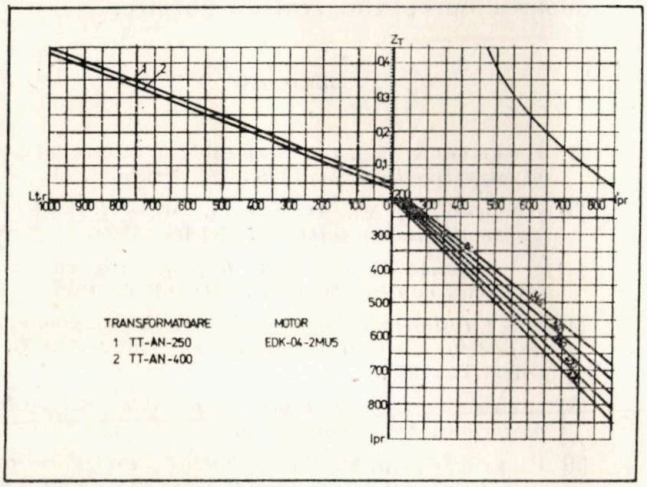



Fig. 4. Nomograme pentru determinarea curentului real de pornire a motoarelor în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria TT—AN.

enţilor de reducere s-au determinat la fel ca cei folosiţi la construcţia nomogramelor pentru determinarea tensiunilor reale la bornele motoarelor, iar metodologia de utilizare este asemănătoare cu cea descrisă la punctul 2.

Nomogramele realizate pentru verificarea reţelelor în regim de pornire permit, de asemenea, studiul influenţei puterii şi tipului de transformator de forţă asupra tensiunii reale la bornele motoarelor sau asupra curenţilor reali de pornire.

## III. Utilizarea calculatorului electronic la verificarea reţelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor

În scopul reducerii volumului de calcule necesare a se efectua pentru întocmirea nomogramelor, după metodologia şi pe baza relaţiilor prezentate anterior, s-a apelat la utilizarea calculatorului electronic.

S-au întocmit astfel algoritmii de calcul [6 ; 7 ; 8] a tensiunii reale la bornele motoarelor (fig. 5) şi a curentului real de pornire (fig. 6). Pe baza acestora s-au realizat programe în

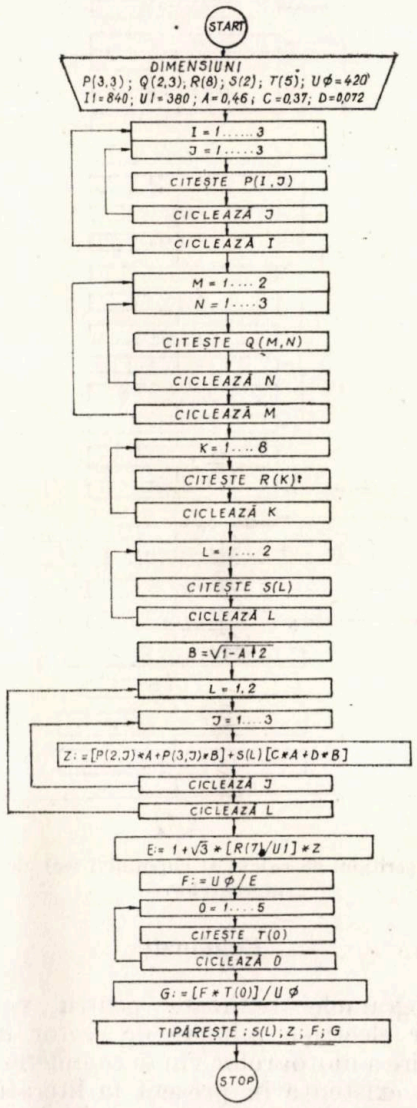



Fig. 5. Algoritmul de calcul a tensiunii reale la bornele motoarelor în regim de pornire.

limbajul BASIC—RT—11, care au fost rulate pe calculatorul PDP—11/40 şi care au permis obţinerea valorilor $Z_T$, $U_p$, $U_{pr}$ şi respectiv $Z_T$, $I'_{pr}$, $I_{pr}$ ; cu aceste valori s-au întocmit nomograme pentru determinarea tensiunii reale la bornele motoarelor (fig. 1 şi 2), cît şi pentru determinarea curentului real de pornire (fig. 3 şi 4), atît în varianta echipării postului de transformare de sector cu transformatoare din seria IT3Sa(b), cît şi din seria TT—AN.

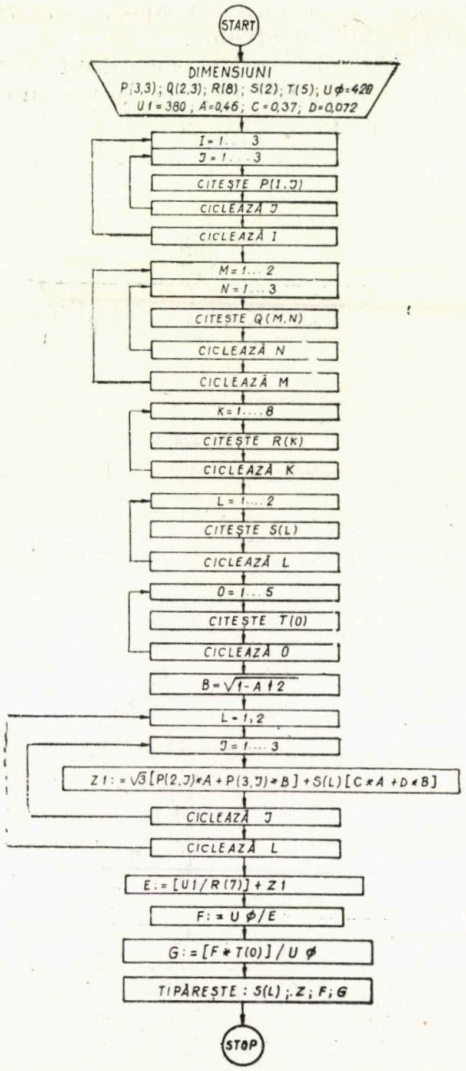



Fig. 6. Algoritmul de calcul al curentului real de pornire al motoarelor.

## Concluzii

Nomogramele realizate pentru verificarea rețelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor vin să completeze nomogramele existente în prezent în literatura tehnică de specialitate pentru calculul curenților de scurtcircuit în rețelele de joasă tensiune [4; 6] cît și pe cele pentru calculul în regim normal de lucru al motoarelor [6; 7; 8; 9]. Aceste nomograme permit determinarea rapidă și comodă a următoarelor mărimi:

— tensiunea reală la bornele motoarelor în regim de pornire;
— tensiunea în punctul de distribuție de abataj în regim de pornire al celui mai mare și mai îndepărtat motor;
— curentul real de pornire al motorului pentru care se execută verificarea rețelei de sector în regim de pornire.

Valoarea tensiunii reale la bornele motoarelor în regim de pornire trebuie cunoscută pentru a vedea dacă este admisibilă în privința micșorării cuplului motor, iar valoarea tensiunii în punctul de distribuție de abataj trebuie să fie mai mare ca valoarea tensiunii de menținere în poziție închisă a aparatelor de comutație.

Curentul real de pornire trebuie cunoscut pentru reglarea protecției maximale de curent în instalațiile miniere de joasă tensiune; în multe cazuri în aceste instalații condiția de sensibilitate a protecției [4; 10] nu este satisfăcută din cauza valorilor reduse ale curenților de scurtcircuit, astfel că în practică reglarea releelor electromagnetice se execută după valoarea curentului real de pornire.

### Bibliografie


[1] Boldirev, V. I. ș. a. *Zașcita șahtnih nizkovoltnih setei ot tokov korotkogo zamîkania.* Izd. Nedra, 1971.

[2] Leibov, R. M., Ozernoi, M. I. *Elektrifikația podzemnih gornîh rabot.* Izd. Nedra, 1972.

[3] * * * *Norme departamentale de protecție a muncii în activitatea minieră.* M.M.P.G. — O.D.P.T., 1977.

[4] * * * *Instrucțiuni tehnice la „Normele departamentale de protecție a muncii în activitatea minieră"* M.M.P.G. — O.D.P.T., 1977.

[5] Muraviev, V. P. *Rascet elektriceskih setei ugolnîh predpriatii.* Izd. Nedra, 1975.

[6] Păsculescu, M., Covaliov, C. *Proiectarea rețelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor.* I.M. Petroșani, 1980.

[7] Păsculescu, M. ș. a. *Algoritm de întocmire a unor nomograme pentru calculul rețelelor electrice miniere.* Lucrare prezentată la Simpozionul de comunicări tehnico-științifice privind „*Tehnici și tehnologii noi în exploatarea zăcămintelor de substanțe minerale utile*". I.M. Petroșani, 12—13 decembrie 1980.

[8] Păsculescu, M. ș. a. *Utilizarea calculatoarelor electronice la întocmirea unor nomograme pentru calculul rețelelor electrice miniere de joasă tensiune.* I.M. Petroșani, 1981.

[9] Păsculescu, M., Covaliov, C., Feier Gabriela *Calculul rețelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 1, 1982.

[10] Păsculescu, M. *Electrificarea minelor.* Litografia I.M. Petroșani, 1981.

# Realizări obținute în introducerea automatizării la unitățile miniere*)

## Introducere

Congresul al XII-lea al P.C.R. a stabilit direcții precise pentru domeniul cercetării științifice, orientînd-o, cu prioritate, către cunoașterea și valorificarea superioară a tuturor resurselor naturale ale țării.

Activitatea de cercetare științifică, dezvoltarea tehnologică, introducerea progresului tehnic în economia națională se desfășoară pe colective, conform unei concepții integrate. Ea are în vedere parcurgerea unor etape care să lege cercetarea de producție, pornind de la studierea celor mai bune soluții pe plan mondial, trecînd prin toate treptele cercetării, experimentării și omologării, pînă la aplicarea în practică a rezultatelor cercetării și proiectării. Reducerea la minimum a duratei întregului ciclu asigură creșterea eficienței creației tehnico-științifice.

Creșterea mai accentuată a productivității muncii formulează pentru activitatea de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducerea progresului tehnic sarcini concrete, urmărind realizarea programelor de mecanizare, automatizare și cibernetizare, în sensul ca 70% din creșterea productivității muncii să se realizeze pe seama progresului tehnic.

În contextul sarcinilor cincinalului revoluției tehnico-științifice, colectivul de automatizare din cadrul Institutului de cercetări și proiectări pentru minereuri neferoase Baia Mare s-a preocupat de toate laturile activității de extracție-preparare a minereurilor neferoase, rezolvînd cîteva probleme importante, cu eficiență economică ridicată.

## Activitatea de extracție minieră subterană

Introducerea automatizării în activitatea de extracție minieră subterană prezintă interes în primul rînd pentru instalațiile miniere staționare : mașinile de extracție, stațiile de pompe, ventilatoare și compresoare; urmează apoi instalațiile de transport electronic, cu anexele corespunzătoare.

O instalație importantă de telecomandă automată a unei stații de pompe și a unei stații de ventilatoare principală a fost realizată în condițiile E. M. Cavnic [1]. Comanda celor două instalații se face în patru regimuri : automat-manual, dispecer-suprafață, automat-manual, local sub teran. Distanța între camera-dispecer suprafață și instalațiile respective este de 1 300—1 500 m. Echipamentul de automatizare este construit folosind elemente logice USILOG, întreaga instalație fiind cu componente indigene. Comenzile și semnalizările se transmit prin cablu de semnalizare multifilar. S-a respectat, de asemenea, condiția de nul izolat din subteran [1].

Schema-bloc de funcționare a stației de pompe automatizată se dă în figura 1. Conform echipării convenționale, stația cuprinde trei pompe, dintre care funcționează una sau două, în funcție de nivelul apei din bazinul de acumulare.

În mod normal funcționează o pompă, care golește bazinul pînă la nivelul minim (MIN), pornirea ei făcîndu-se la atingerea nivelului maxim (MAX). La ciclul următor pornește pompa următoare și așa mai departe, în vederea uzării uniforme a utilajelor. Ciclul poate să înceapă de la orice pompă. În cazul cînd nivelul apei nu scade, ci atinge nivelul de alarmă (AVARIE), se pornește și a doua pompă, semnalizînd optic și acustic, atît local, cît și la dispecer; la nevoie aceasta pornește și a treia pompă.

Schema logică concepută permite realizarea funcțiunilor de mai sus, inclusiv pregătirea pompei înainte de pornire (umplerea acesteia) și verificarea stării ei de funcționare, trecerea peste pompele în revizie sau în avarie și transmiterea tuturor informațiilor la dispecer, cît și a comenzilor de la dispecer.

Schema-bloc de funcționare a stației de ventilatoare se dă în figura 2. Conform acestei scheme, pornirea ventilatorului este precedată de asigurarea condițiilor de pornire-pornire pompă de ungere, verificarea poziției paletelor la debit minim, verificarea temperaturii în cîteva puncte esențiale. În caz că toate condițiile sînt satisfăcute, se dă comanda de pornire a motorului sincron, iar după intrarea în sincronism și verificarea funcționării normale, se pot trece paletele statornice în poziția de debit maxim.

Local se semnalizează optic regimul de funcționare a ventilatorului, iar la dispecer, în plus, se și înregistrează debitul și depresiunea creată de acesta. Avaria este semnalizată optic și acustic, atît local, cît și la dispecer.

Ambele instalații funcționează bine de mai mult de doi ani.

Avînd în vedere condițiile grele din subteran, temperatura ridicată, atmosfera umedă și acidă, folosirea elementelor cu contacte și relee conduce la realizarea unei automatizări cu fiabilitate redusă. Însăși echipamentul USILOG, care

---

Cercetătorii care au realizat lucrarea : ing. **Bokor, C.**, sing. **Bologa, L.**, ing. **Cerneștean, T.**, ing. **Cosma, N.**, ing. **Lepeduș, T.**, sing. **Levay, A.**, sing. **Lugoj, N.**, fiz. **Ludmann, T.**, ing. **Lumezeanu, C.**, ing. **Medveșan, A.**, ing. **Micu, L.**, ing. **Ozsvath, I.**, ing. **Pășcuț, C.**, ing. **Pavel, N.**, ing. **Pop, Gh.**, ing. **Prie, G.**, ing. **Prie, O.**, ing. **Săsăran, A.**, ing. **Săsăran, O.**, sing. **Sereghi, A.**, ing. **Urmanczy, St.**, ing. **Varga, K. I.**

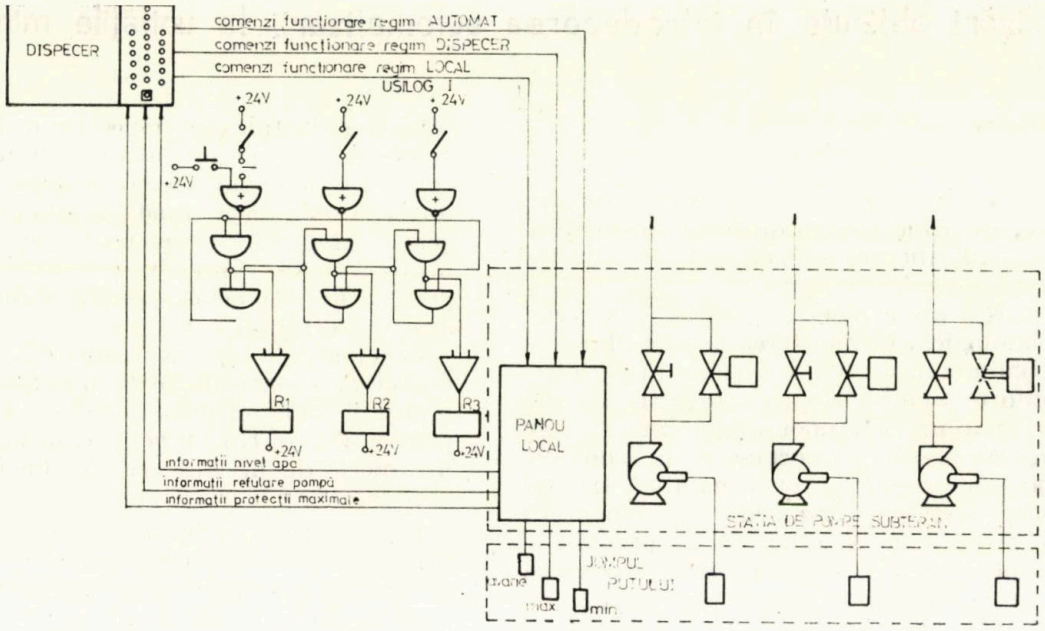



Fig. 1. Schema-bloc de funcţionare a staţiei de pompe

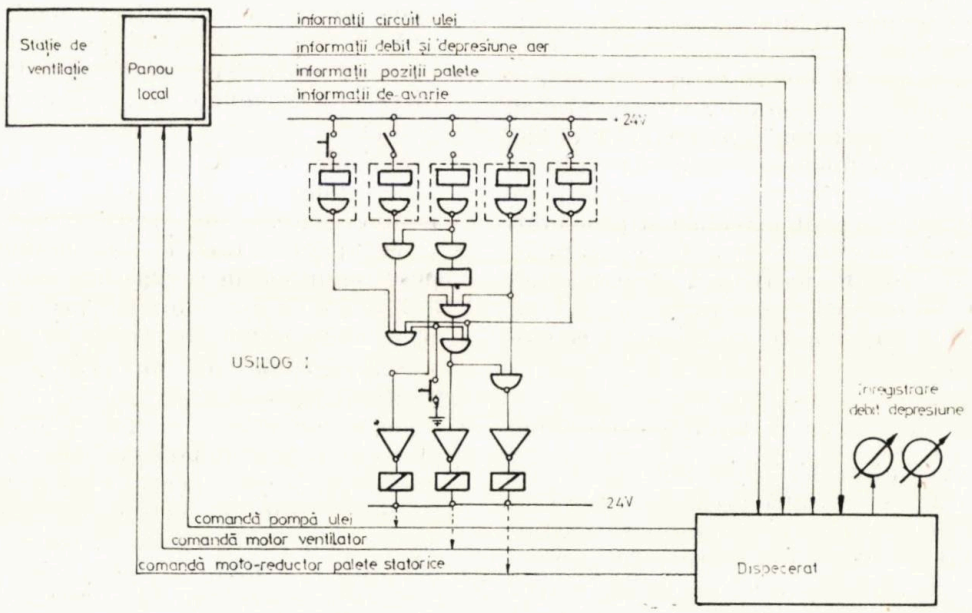



Fig. 2. Schema-bloc de funcţionare a staţiei de ventilatoare

se comportă bine de mai mulţi ani, pune problema fiabilităţii. În baza acestor concluzii s-a elaborat un proiect de automatizare a unei staţii de pompe, folosind circuite integrate logice. Instalaţia va intra în funcţiune în cursul anului 1982, în condiţiile E.M. Nistru.

Un alt dezavantaj al instalaţiei realizate constă în folosirea cablului de semnalizare multifilar de cupru. La distanţele mari la care se găsesc, în special staţiile de ventilatoare principale, costul cablului de cupru întrece de cîteva ori costul instalaţiei de automatizare propriu-zisă.

În vederea eliminării acestui dezavantaj, s-a proiectat şi este în curs de realizare un sistem de transmitere a informaţiilor binare pe două fire, pe principiul divizării timpului [2]. Sistemul bazat pe folosirea echipamentului USILOG va fi aplicat în condiţiile staţiei de pompe (—300 m) tot de la E.M. Cavnic, dar, dispunînd de 100 de canale, va fi în măsură să transmită (de exemplu date în legătură cu reţeaua de aer comprimat). Instalaţia este rentabilă la distanţe mai mari decît 500 m, distanţă la care costul cablului de cupru multifilar întrece costul instalaţiei + cablu cu 2—3 fire.

Lucrarea se realizează în colaborare cu Universitatea din Craiova [3].

În cadrul unei staţii de compresoare de la E.M. Herja, se află în curs de realizare un sistem de urmărire automată a consumului specific de energie, necesar producerii aerului comprimat, combinat cu urmărirea şi reglarea consumului din sectoarele subterane. Luînd în considerare tendinţele de diminuare a ponderii energiei pneumatice din subteran, problema automatizării staţiei de compresoare nu se consideră necesară [4].

Tot în ideea economisirii energiei electrice, s-a studiat acţionarea maşinilor de extracţie minieră. În cadrul Centralei minereurilor Baia Mare, toate maşinile de extracţie sînt acţionate cu motoare asincrone cu rotor bobinat, reglarea vitezei şi realizarea tahogramei făcîndu-se prin trepte de rezistenţe rotorice comutabile. În perioada frînării, la regimul de mers cu viteză redusă (transport personal, explozivi, revizie puţ), o parte însemnată de energie se pierde prin încălzirea rezistenţelor rotorice.

În vederea recuperării pierderilor de mai sus, s-a montat o instalaţie în cascadă subsincronă, produsă la „Electrotehnica" Bucureşti, la o maşină de extracţie de la E.M. Herja [5]. Schema-bloc a montajului realizat se redă în figura 3. Instalaţia poate funcţiona, atît în regimul obişnuit „pe rezistenţe rotorice",

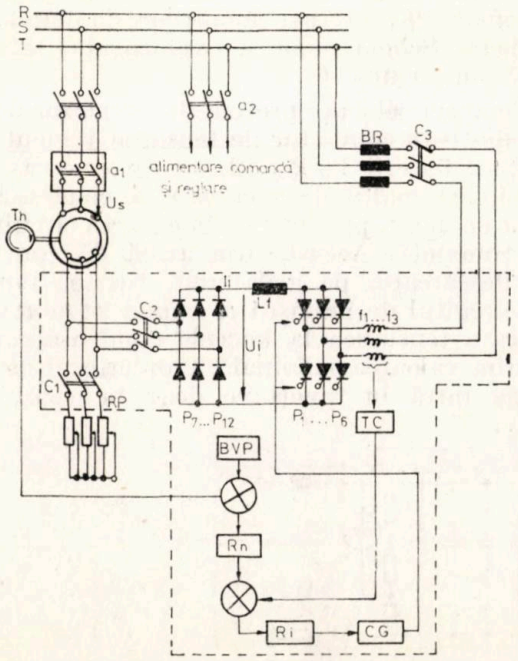



Fig. 3. Instalaţie de acţionare în cascadă subsincronă a maşinilor de extracţie echipate cu motoare asincrone cu rotor bobinat:

*m* – motor asincron cu inele; $a_1$; $a_2$ – întrerupător automat; $C_1$; $C_2$; $C_3$; – contactor c. a.; *BR* – bobine de reacţie; *RP* – reostat de pornire; $P_1$..$P_6$ – invertor de tiristoare; $P_7$...$P_{12}$ – redresor cu diode; $L_f$ – bobină de filtrare; *Th* – tahogenerator; *BVP* – bloc electronic pentru valoarea prescrisă; $R_n$ – regulator de turaţie; $R_i$ – regulator de curent; *CG* – ansamblu comandă grilă; – *TC* – traductor de curent; $f_1$...$f_3$ – transformatoare de cureut.

cît şi în regimul „cascadă". Prin modificarea corespunzătoare a blocurilor de comandă s-a realizat pornirea, asigurarea unei pante de creştere şi de descreştere a vitezei, reglarea vitezei de regim (material, personal, explozivi, revizie puţ) şi s-a studiat şi problema realizării automate a unei tahograme date. Funcţionînd în buclă închisă de reglaj, mecanicul nu se poate abate de la parametrii impuşi (acceleraţii, viteză) prin echipament, deci se măreşte siguranţa în funcţionarea instalaţiei de extracţie.

Echipamentul funcţionează bine de aproape doi ani.

Luînd în considerare faptul că aproape toate instalaţiile de extracţie sînt din import, în cadrul I.C.P.M.N. se desfăşoară o activitate intensă de asimilare a seriei de maşini de extracţie româneşti; în cadrul acestei acţiuni ne preocupăm de realizarea unei acţionări moderne, folosind cele mai bune realizări din ţară în domeniul respectiv, adaptîndu-le pentru condiţiile de subteran. Lucrarea este în curs de realizare, în colaborare cu Institutul de Mine Petroşani, şi are ca obiectiv realizarea unei acţionări prin convertizor de frecvenţă, iar comanda şi controlul funcţionării—prin echipament de comutaţie statică [6].

În domeniul transportului cu locomotive electrice, s-a realizat o locomotivă LAM—4 cu alimentare combinată — baterie de acumulatori sau firul de troleu în curent alternativ [7]. Lucrarea a avut ca scop realizarea unui utilaj care să deservească zonele din mină care nu pot fi electrificate, dar sînt în apropierea zonelor electrificate. Cele două locomotive funcţionează în condiţiile E.M. Cavnic de un an.

Schema-bloc a instalaţiei electrice de pe locomotivă este redată în figura 4.

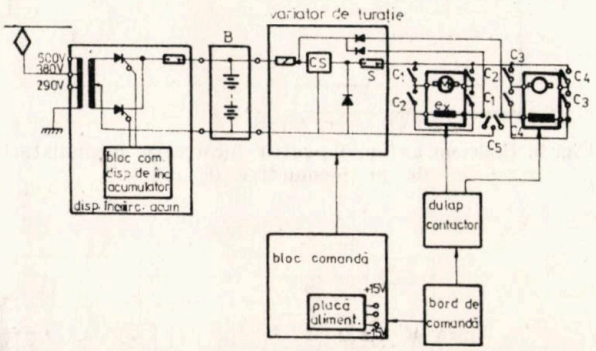



Fig. 4. Schema-bloc a locomotivei cu acumulatori şi troleu

Locomotiva cu acumulatori şi troleu se obţine prin echiparea unei locomotive de mină LA—4 cu :

— troleu ;

— dispozitiv monofazat de încărcat baterii;

— variator de turaţie, în componenţa căruia intră un variator a curentului continuu (chopper), dulapul cu contactori de sens şi bordul de comandă.

Dacă locomotiva LAM—4 se echipează numai ca variatorul de turaţie, se obţine o locomotivă tiristorizată cu acumulatori.

Locomotiva cu acumulatori şi troleu se deplasează pe seama energiei absorbite de la firul de cale de curent alternativ sau pe seama energiei acumulate în bateriile proprii; în timpul deplasării sub firul de cale îşi încarcă şi bateria proprie.

În timpul elaborării acestui utilaj a apărut problema perfecţionării redresoarelor de încărcat acumulatorii de pe locomotiva menţionată. Datorită dificultăţilor mari pe care le au exploatările miniere în acest sens, s-a realizat, în cadrul institutului, un redresor automat de încărcat acumulatorii de mină [8]. Schema-bloc a redresorului se redă în figura 5.

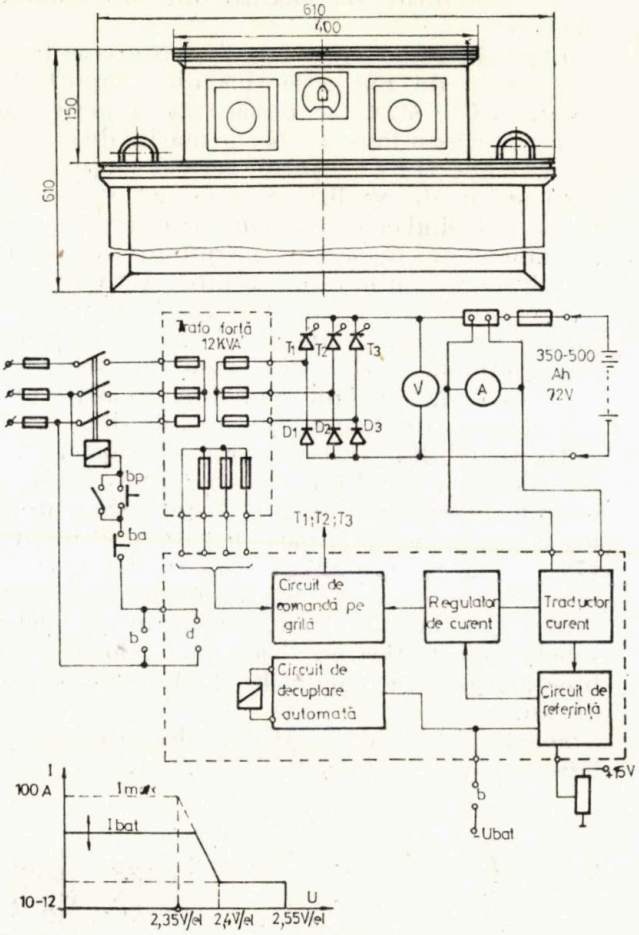



Fig. 5. Redresor automat pentru încărcarea acumulatorilor de pe locomotive de mină

Conform cu schema prezentată, reductorul automat se compune dintr-un redresor trifazat semicomandat, realizat cu diode şi tiristoare. Cu ajutorul unui comutator se poate alege regimul de încărcare manual sau automat.

În regimul manual, cu ajutorul unei bucle de reglare, se menţine constant curentul de încărcare la valoarea prescrisă de operator.

În regim automat, la început curentul de încărcare se menţine constant la valoarea prescrisă de operator, iar apoi se micşorează liniar, astfel încît la atingerea tensiunii de 2,4 V/celulă, curentul să aibă valoarea de 10—12 A, valoare care se menţine pînă la sfîrşitul încărcăturii, cînd dispozitivul se decuplează automat de la reţea.

Dispozitivul este prevăzut cu protecţie la conectarea inversă a bateriei şi cu protecţie în caz de scurtcircuitarea bornelor de ieşire; are gabarite şi greutate la jumătate, faţă de redresoarele tip RIB, şi funcţionează în bune condiţiuni.

În vederea realizării sarcinilor ce revin institutului nostru în promovarea acţiunilor de invenţii şi inovaţii, s-a realizat un explozor automat [9], necesar lucrărilor de împuşcare minieră. Schema bloc a explozorului este redată în figura 6.

Conform schemei prezentate, explozorul constă dintr-un convertor de tensiune alimentat de la două baterii 3—R—12, convertor ce asigură tensiunea înaltă de încărcare a condensatoarelor de lucru, precum şi alimentarea circuitului de comandă. Aceasta din urmă dă comandă de descărcare, pe grila unui tiristor înseriat cu circuitul de împuşcare, numai în momentul în care tensiunea la bornele condensatoarelor a atins valoarea nominală. Convertorul de tensiune intră în funcţiune doar în cazul cînd

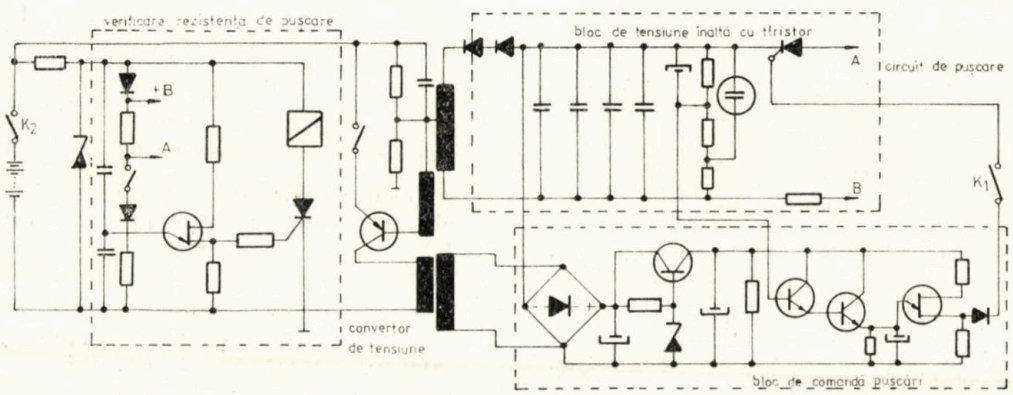



Fig. 6. Explozor automat

rezistența circuitului de împușcare nu depășește 450 ohmi.

Explozorul este destinat pentru împușcarea găurilor de mină la exploatări negrizutoase. În prezent prototipul se găsește în faza de experimentări industriale.

### Activitatea de preparare a minereurilor

Principiile și circuitele de bază ale automatizării uzinelor de preparare a minereurilor neferoase, fiind precizate încă în perioada 1970—1975, în cincinalul 1976—1980 lucrările de automatizare a uzinelor de preparare s-au desfășurat pe fondurile de investiții. Colectivul de automatizare a elaborat proiecte de execuție de investiție pentru flotațiile Tarnița, Călimani, I.M. Borșa, E.M. Rodna și participă la elaborarea prevederilor de STE 1981—1985 la toate unitățile C.M. Baia Mare.

Cercetările în această perioadă au fost orientate spre realizarea unor traductoare și elemente de execuție necesare uzinelor de preparare, care în prezent nu se produc în țară, eventual se aduc din import.

În acest sens s-a realizat o instalație pentru măsurarea în flux continuu a fineței de măcinare [10]. Schema-bloc a instalației se dă în figura 7.

Conform schemei, instalația cuprinde trei părți esențiale: partea de luare și divizare a probei, blocul de măsură și blocul electric de detecție și afișare a rezultatelor. Instalația măsoară mărimea de granulă definită ca diametrul cercului de arie echivalentă. Informația de finețe, exprimată în procente față de clase de control (—0,074 mm), se afișează analogic pe un instrument de măsură și poate fi transmis la distanță sub forma semnalului unificat de automatizare (2—10 mA c.c).

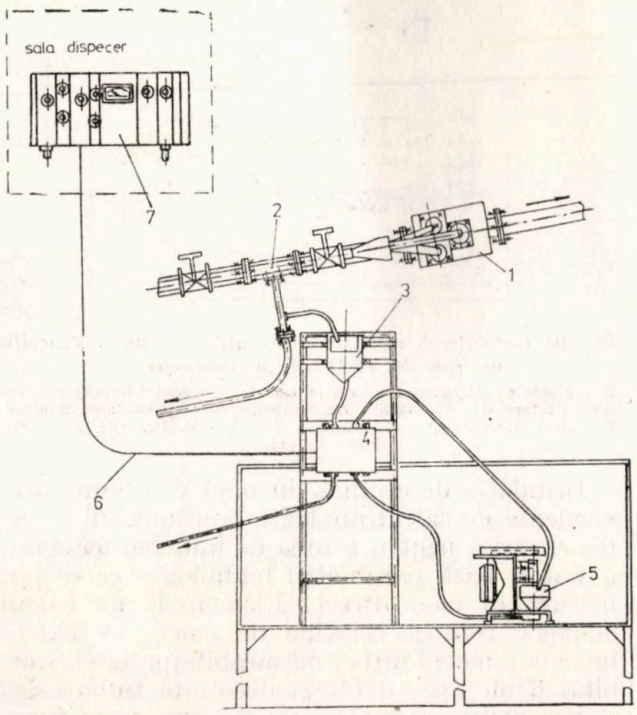



Fig. 7. Instalație de măsurare a fineței de măcinare:
*1* — aparat de luat probe din tulbureală 6″; *2* — aparat de luat probe din tulbureală 4″ — 2″; *3* — rezervor unicelular; *4* — bloc de măsură; *5* — pompă cu ax vertical; *6* — cablu electric de legătură; *7* — bloc electronic de detecție și afișare.

Prototipul instalației se află în funcțiune la Flotația centrală Baia Mare, de mai bine de un an.

În seria de traductoare necesare uzinelor de preparare, în curs de realizare se află sondele de imersie pentru analiza conținutului de cupru direct din tulbureală, umidometrul cu neutroni pentru concentrate, traductoarele de concentrația ionilor de cianură și oxigen dizolvat. La aceste lucrări colaborăm cu Universitatea București, Universitatea Cluj-Napoca, Universitatea Craiova și I.F.I.N. București [11].

Elementele de execuție cele mai des întîlnite în uzinele de preparare a minereurilor sînt ventilele de reglaj pentru debite, variatoare de turație și diverse dispozitive de acționare. Luînd în considerare caracterul abraziv al tulburelii, ventilele folosite trebuie să reziste acestor condiții. Răspunzînd la această cerință s-a elaborat o serie unitară de robinete antiabrazive, protejate, cu acționare manuală și electrică, folosind mecanismul REGMO. Desenul robinetului și caracteristicile tehnice se dau în figura 8.

Robinetele au două carcase turnate din fontă, în interiorul cărora este montat un mecanism de închidere, care acționează asupra unui tub de trecere din cauciuc [12].

Robinetele, după omologare, au intrat în producție curentă la IAIFO Zalău.

Folosind robinetele antiabrazive elaborate, s-a asimilat un dulap de comandă pentru instalațiile de hidrociclonare, care servește pentru pornirea, oprirea și spălarea automată a instalației de pompare, permițînd trecerea automată la pompa de rezervă, folosindu-se de două dulapuri. Schema instalației, în cele două variante, este redată în figura 9 [13].

Ansamblul de dulap se execută pentru două variante ale instalației de pompare:

a — cu robinet pe conducta de aspirație și refulare;

b — cu robinet numai pe conducte de aspirație.

Operațiile programate (pentru varianta I):

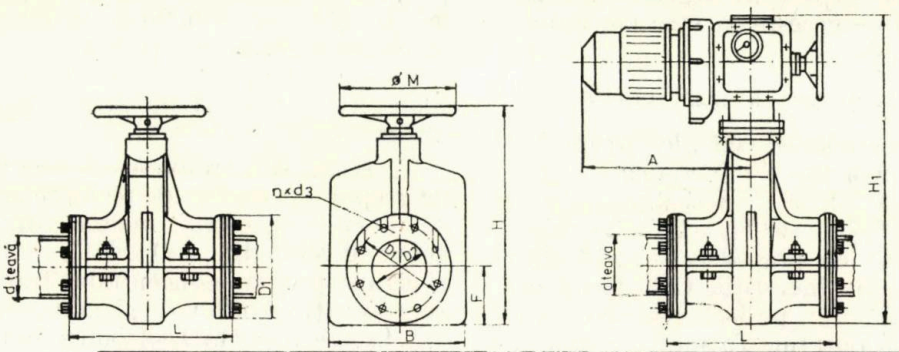
1 — la pornire: deschidere robinet V1, pornire, pompă, deschidere robinete V2;

2 — la oprire: oprire pompă (golirea conductei de refulare), închidere robinet V1, pornire pompă, deschidere ventil VE (pentru spălare), oprire pompă, închidere VE și V2.

Dulapul de comandă permite alegerea următoarelor regimuri de funcționare: *M* — manual, *O* — oprit, *L* — local și *D* — dispecer.

Instalaţia, în funcţiune la E.P. Săsar, se poate obţine de la I.I.S. „Automatica" Bucureşti, pe baza proiectului institutului nostru.

rare, s-a întocmit o lucrare referitoare la măsurarea automată a consumului specific de energie electrică la măcinare. Instalaţia corespunză-




| Tip ventil | UM | Dn mm | Pn daN/cm² | Mecanism de acţionare TIP | UN | P kW | Gr kg | G ventil kg | Dimensiuni L mm | B mm | F mm | H mm | H1 mm | A mm | D1 mm | D2 mm | M mm | n×d3 mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VM-50 | | 50 | 4 | | | | | 235 | 270 | 176 | 80 | 300 | – | – | 150 | 120 | 250 | 4×M12 |
| VM-100 / VE-100 | | 100 | 4 | REGMO 3/25/44 | | 1,1 | 57 | 49 / 180 | 340 | 270 | 115 | 417 | 800 | 340 | 220 | 18 | 250 | 4×M16 |
| VM-150 / VE-150 | | 150 | 4 | REGMO 3/25/44 | | 1,1 | 57 | 135 / 1885 | 580 | 380 | 160 | 560 | 835 | 340 | 280 | 240 | 320 | 8×M16 |
| VM-200 / VE-200 | | 200 | 4 | REGMO 4/50/42 | | 2,2 | 81,2 | 195 / 274 | 750 | 500 | 210 | 724 | 1055 | 494 | 340 | 300 | 400 | 8×M16 |
| VM-250 / VE-250 | | 250 | 4 | REGMO 5/100/38 | | 4 | 136 | 292 / 420 | 930 | 590 | 230 | 800 | 1120 | 590 | 410 | 360 | 500 | 8×M16 |
| VM-300 / VE-300 | | 300 | 4 | REGMO 5/100/38 | | 4 | 136 | 381 / 508 | 1130 | 680 | 270 | 930 | 1245 | 590 | 450 | 400 | 500 | 8×M16 |
| VM-350 / VE-350 | | 350 | 4 | REGMO 7/190/32 | | 5,5 | 304 | 588 / 898 | 1280 | 800 | 300 | 1075 | – | 712 | 520 | 476 | 630 | 8×M16 |
| VM-400 / VE-400 | | 400 | 4 | REGMO 7/250/32 | | 7,5 | 307 | 717 / 1025 | 1430 | 870 | 325 | 1110 | 1462 | 712 | 570 | 525 | 630 | 8×M16 |

Fig. 8. Serie unitară de robinete antiabrazive

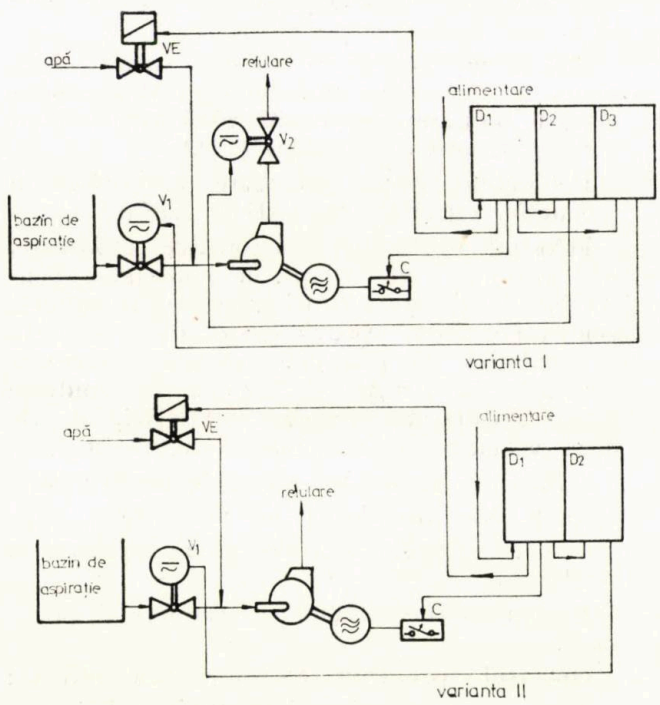



Fig. 9. Schema instalaţiei de comandă a pompei de refulare (la hidrocicloane):

$D_1$ – dulap programare; $D_2$ ($D_3$) dulap comandă robinete $V_1$, respectiv $V_2$; $C$ – contactor; $VE$ – ventil electromagnetic; $V_1$; $V_3$ – robinet antiabraziv Pn150 acţionat electric

Luînd în considerare necesitatea reducerii consumului specific de energie electrică pe tona de minereu prelucrată şi faptul că moara este utilajul conducător la o uzină de prepa-

toare, realizată cu echipamentul de la F.E.A. Bucureşti în condiţiile E.P. Săsar, se redă schematic în figura 10.

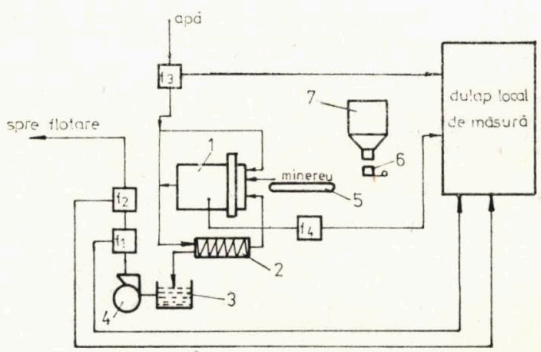



Fig. 10. Instalaţie de urmărire automată a consumului specific de energie electrică la măcinare:

*1* – moara de măcinare: *2* – clasor spiral; *3* – bazin tulbureală; *4* – pompă tulbureală; *5* – bandă transportoare; *6* – alimentator minereu; *7* – siloz minereu; $f_1$ – densimetru; $f_2$; $f_3$ – debitmetre: $f_4$ – traductor de putere.

Instalaţia determină, în mod continuu, prin elemente de calcul analogic, consumul de energie electrică pentru o tonă de minereu măcinat, avînd la bază parametrii tehnologici ce se pot măsura în mod direct. Elementele de calcul analogic rezolvă relaţiile de calcul ce există între parametrii direct măsurabili (putere absorbită, debit apă, debit şi densitate tulbureală) şi parametrii ce nu se pot măsura (cantitatea de solid în tulbureală trimisă spre flotaţie şi consumul specific de energie electrică). De asemenea, instalaţia determină greutatea spe-

cifică a minereului măcinat și contorizează producția realizată de circuitul de măcinare [14].

Instalația, în funcțiune la E.P. Săsar, asigură reducerea consumului de energie și creșterea producției (fazei de măcinare). În prezent este în curs de extindere pentru toate liniile de măcinare, inclusiv cu reglarea procesului.

Celulele de flotație, care au trecut printr-un proces de modernizare la volumele mari ce sînt necesare la liniile de mare capacitate, solicită echiparea lor cu instalație de reglare automată a nivelului de tulbureală. Schema-bloc a instalației se dă în figura 11.

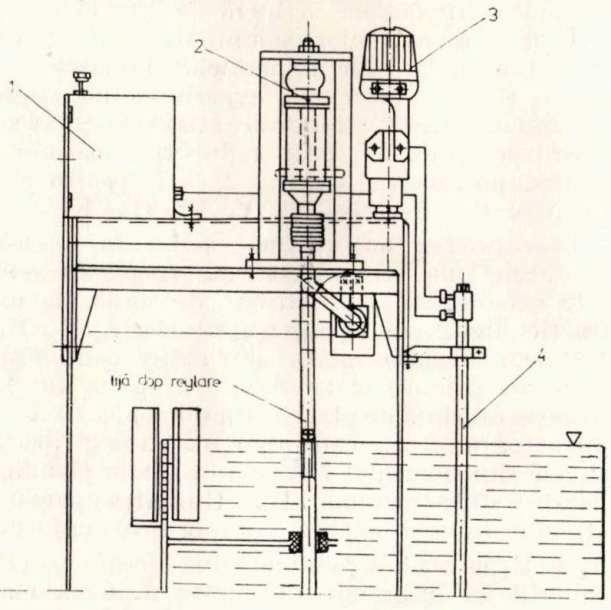



Fig. 11. Instalație de reglare automată a nivelului de tulbureală la celulele de flotație (pneumomecanice):
*1* – bloc de reglare; *2* – dispozitiv de acționare; *3* – traductor de presiune diferențială; *4* – tub piezometric

Instalația constă dintr-o buclă de reglare automată pneumatică, în care nivelul este măsurat prin căderea de presiune a aerului insuflat în tubul piezometric, cu ajutorul traductorului de presiune diferențială. Valoarea impusă a nivelului, realizată în blocul de reglare, se compară cu valoarea reală de nivel, abaterea acționînd asupra servomotorului pneumatic cu poziționer, care modifică debitul de trecere a celulei, prin obturarea sau eliberarea orificiului de trecere.

Instalația [15], după omologarea corespunzătoare, a fost predată fabricantului de celule de flotație, urmînd ca utilajele să fie livrate opțional, și cu acest echipament.

**Bibliografie**


[1] * * * *Automatizarea unei stații de pompe și ventilatoare folosind elemente logice.* Studiu I.C.P.M.N., 1976
[2] * * * Brevet I.C.P.M.N., nr. 68876
[3] * * * *Echipament de telecomandă și telesemnalizare prin cablu cu trei fire în subteran.* Studiu I.C.P.M.N., 1980
[4] * * * *Automatizarea unei stații de compresoare.* Studiu I.C.P.M.N., 1981
[5] * * * *Acționarea în cascadă subsincronă a unor mașini de extracție.* Studiu I.C.P.M.N., 1977
[6] * * * *Automatizarea unei mașini de extracție.* Studiu I.C.P.M.N., 1981
[7] * * * Brevet I.C.P.M.N., 58572
[8] * * * Dosar invenție O.S.I.M., 99528
[9] * * * Brevet I.C.P.M.N., 73184
[10] * * * Brevet I.C.P.M.N., 68051
[11] * * * *Automatizarea unei linii tehnologice de preparare la* E.M. Deva, Studiu I.C.P.M.N., 1981
[12] * * * *Dispozitive automate pentru dirijarea tulburelii cu subcircuite abrazive.* I.C.P.M.N., 1977
[13] * * * *Dulap de comandă pentru automatizarea instalațiilor de hidrociclonare.* I.C.P.M.N., 1978
[14] * * * Dosar invenție O.S.I.M., nr. 97043
[15] * * * Dosar invenție O.S.I.M., nr. 97244


# Asupra interacțiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu fluide din zăcămintele de țiței


Prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**
Institutul de petrol și gaze Ploiești


În continuarea lucrărilor [9 ; 11] vom prezenta cîteva considerații asociate cu acțiunea bioxidului de carbon în fază lichidă asupra fluidelor întîlnite în zăcămintele de țiței.

Instalația experimentului și alcătuirea chimico-structurală a mediului solid, care modelează colectoarele de hidrocarburi fluide, au fost prezentate în detaliu în lucrarea [11]. În prezenta lucrare vom insista asupra alcătuirii chimico-structurale a fluidelor utilizate în cercetare, altele decît bioxidul de carbon în fază lichidă, prezentat în lucrarea [11].

Pentru început să prezentăm dislocuirea de către bioxidul de carbon lichid a probelor saturate cu apă sărată. Fluidul apă sărată conținînd 7 % NaCl este un fluid polar [2] cu acțiune intensă asupra colectoarelor de hidrocarburi fluide [10]. Cu acest fluid polar s-au saturat probele de tip A și B, ale lucrării [11]. Analizînd variațiile parametrului blocării $Q/\Delta P$, redate în figura 1, se poate observa că după o creștere, care are loc în perioada de început, urmează o cădere accentuată, care finalizează într-o blocare sensibilă a probelor (tab. 1).

Explicația este următoarea : bioxidul de carbon lichid, mediu polar, intrînd în reacție cu apa sărată, mediu deosebit de polar, generează

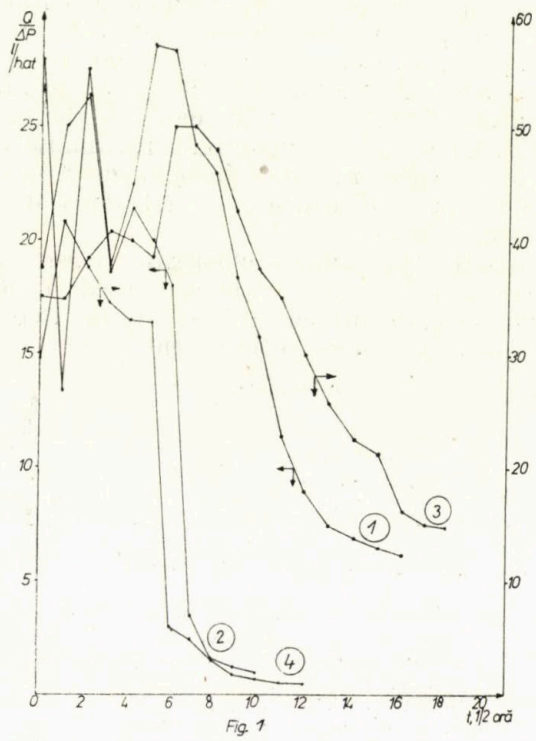



Fig. 1. Variația parametrului $Q/\Delta P$ în timp, la probele saturate cu apă sărată și dislocuite cu $CO_2$ lichid.

*Tabelul 1*

**Parametrii dislocuirii**

| Proba | | Saturată cu : | $T$,°C | $P_1$, at | $P_2$, at | $P_3$, at | $(Q/\Delta P)$ inițial $-(Q/\Delta P)$ final / $\Delta t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | apă sărată | 18 | 64 | 56 | 55 | 0,78 |
| | 2 | | 8 | 63 | 59 | 55 | 2,28 |
| B | 3 | apă sărată | 18 | 64 | 59 | 55 | 1,12 |
| | 4 | | 8 | 63 | 59 | 55 | 2,72 |
| A | 5 | izooctan | 10 | 72 | 52 | 50 | 0,44 |
| B | 6 | izooctan | 18 | 72 | 66 | 63 | 0,27 |
| | 7 | | 8 | 52 | 32 | 30 | 1,63 |
| | 8 | | 18 | 71 | 63 | 60 | 2,00 |
| A | 9 | ortoxilen | 12 | 71 | 62 | 60 | 1,15 |
| | 10 | | 8 | 72 | 65 | 63 | 1,36 |
| B | 11 | ortioxilen | 18 | 63 | 58 | 56 | 0,41 |
| | 12 | | 8 | 72 | 65 | 64 | 1,34 |
| | 13 | | 18 | 62 | 58 | 57 | 3,01 |
| A | 14 | țiței | 12 | 65 | 61 | 57 | 3,67 |
| | 15 | | 8 | 65 | 61 | 57 | 2,41 |
| | 16 | | 18 | 65 | 60 | 57 | 2,67 |
| B | 17 | țiței | 12 | 65 | 60 | 57 | 5,92 |
| | 18 | | 8 | 65 | 60 | 57 | 3,68 |

un nou fluid polar, deosebit de activ, care acționează asupra carbonatului de calciu, dizolvîndu-l. Bioxidul de carbon lichid, în condițiile experimentului, a generat cu apa sărată un fluid acid care, la fel ca fluidele acide ale acidului clorhidric 4%, și ale acidului acetic 9,4% în apă distilată [6], conduc, în perioada de început a experimentului, la dizolvarea carbonatului de calciu, fapt ce determină o creștere a porozității ce favorizează creșterea parametrului $Q/\Delta P$, după care are loc tasarea probelor, însoțită și de un activ schimb ionic asupra argilelor, pe care le umflă, așa cum s-a prezentat în detaliu în lucrările [9; 11].

Îndepărtarea ionilor schimbabili din rețelele cristaline polare ale mineralelor argiloase, de către fluidul polar al experimentului, este însemnată, lucru atestat de analizele chimico-spectrale (tab. 2) prin reducerea mărimilor pentru parametrul spectral $I_t - I_f$ pentru elementele Ca, Fe, Mg, Ni, V, Li, Ga, K.

Pătrunderea noului fluid polar în rețelele cristaline ale structurilor cu montmorillonit este accentuată, fapt atestat de seriile de difracție (fig. 2) ale roentgenogramelor $A_2$, $B_3$, $B_4$. Interstratificările mixte illit-clorit-montmorillonit au primele plane bazale la peste 40 Å, situație atestată de planele din domeniul 10 Å — difractograma $A_2$, care aparțin planului (004), și cele din domeniul 7 Å, care aparțin planului (006) — difractograma $B_4$. Umflarea aceasta atît de intensă explică comportarea probelor $A_2$ și $B_4$ la analiza parametrului blocării $Q/\Delta P$, oglindit în diagrama din figura 1. Ceva mai redusă apare umflarea în difractograma $B_4$; dealtfel proba B are mai puțină argilă, fapt ce se răsfrînge și în difractogramă și în analiza chimico-spectrală (tab. 2). Din analiza difractogramelor $A_2$ și $B_3$ se poate observa că parametrul spectral $d/n = 3{,}02$ Å are o intensitate net mai redusă în comparație cu proba netratată [11], ilustrînd acțiunea noului fluid polar asupra carbonatului de calciu. Starea de temperatură redusă face ca dizolvarea carbonatului să fie mai puțin intensă decît cea prezentată în lucrarea [9], unde temperaturile ajungeau pînă la 80°C. De asemenea, polaritatea fluidului prezentei cercetări diferă structural de cea a acidului carbonic din lucrarea [9]. În lucrarea citată s-a arătat că fluidul de filtrație format din interacțiunea bioxidului de carbon în stare gazoasă cu apa distilată în care s-a dizolvat 7% NaCl prezintă proprietăți structurale care sînt funcție de temperatură, presiune și concentrația de săruri dizolvate în apa distilată, proprietăți structurale diferite față de cele ale acidului carbonic și ale apei distilate. Fluidul din prezenta cercetare are comun cu fluidul din lucrarea [9] doar soluția de 7% NaCl în apa distilată, acidul carbonic hidratat are altă structură (diametru critic 4,8$^+$ Å) în comparație cu fluidul format din bioxid de carbon

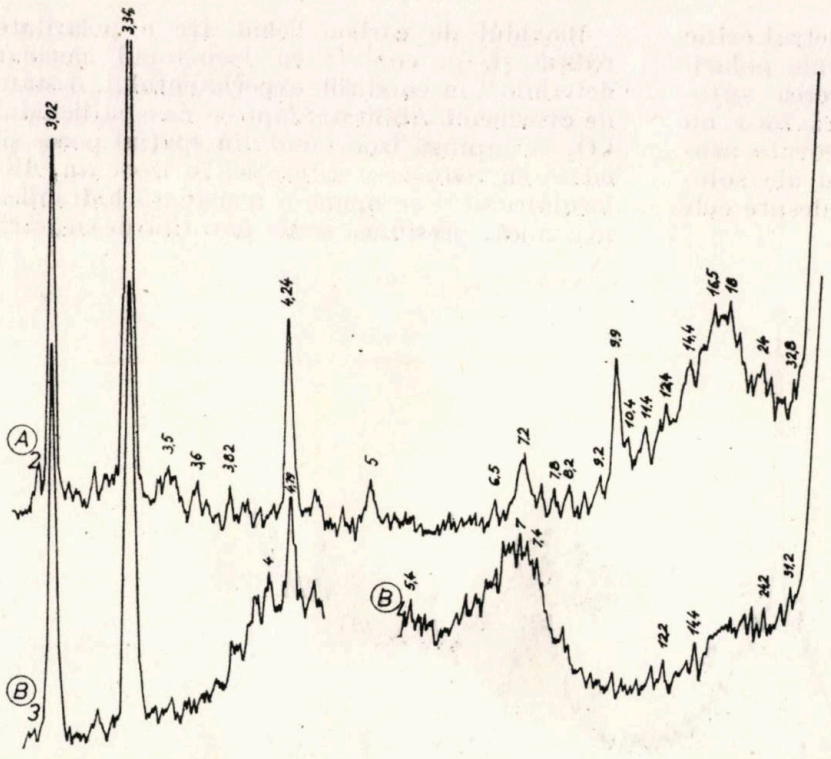



Fig. 2. Difractograme de raze X pentru probele $A_2$, $B_3$, $B_4$.

*Tabelul 2*

**Analiza chimico-spectrală**

| Proba | | Saturată cu: | Elemente chimice | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ca | | | Na | Fe | Mg | Mn | Ni | V | Li | Ga | K |
| | | | $\lambda$ = 3181,2 Å | $\lambda$ = 2721,6 Å | $\lambda$ = 3269,1 Å | $\lambda$ = 3302,9 Å | $\lambda$ = 2990,4 Å | $\lambda$ = 2782,9 Å | $\lambda$ = 2933,1 Å | $\lambda$ = 3414,8 Å | $\lambda$ = 3185,4 Å | $\lambda$ = 3232,6 Å | $\lambda$ = 2943,6 Å | $\lambda$ = 3446,7 Å |
| | | | Parametrul spectral $I_l - I_f$ | | | | | | | | | | | | |
| A | N | — | 570 | 12 | — | 75 | 19 | 407 | 44 | 21 | 40 | 14 | 6 | 14 |
| | 1 | apă sărată | 560 | 11 | — | 305 | 11 | 400 | 36 | 19 | 24 | 8 | 3 | 10 |
| | 2 | | 475 | 6 | — | 155 | 7 | 307 | 33 | 19 | 20 | 3 | 3 | 9 |
| B | N | — | ∞ | 31 | 6 | 53 | 5 | 157 | 34 | 6 | 36 | 4 | — | — |
| | 3 | apă sărată | ∞ | 25 | 3 | 205 | 3 | 92 | 14 | 4 | 29 | 4 | — | 6 |
| | 4 | | ∞ | 12 | — | 205 | 3 | 107 | 11 | 3 | 19 | 3 | — | 6 |
| A | 5 | izooctan | 570 | 12 | — | 76 | 18 | 407 | 45 | 21 | 38 | 13 | 6 | 13 |
| B | 6 | izooctan | ∞ | 31 | 6 | 53 | 4 | 157 | 35 | 6 | 34 | 4 | — | — |
| | 7 | | ∞ | 17 | — | 39 | — | 92 | 26 | — | 18 | — | — | — |
| | 8 | | 560 | 11 | — | 95 | 27 | 407 | 72 | 31 | 49 | 16 | 4 | 14 |
| A | 9 | ortoxilen | 540 | 9 | — | 88 | 9 | 357 | 58 | 10 | 20 | 4 | 5 | 7 |
| | 10 | | 470 | 6 | — | 85 | 6 | 307 | 61 | 16 | 40 | 9 | 5 | 9 |
| B | 11 | ortoxilen | ∞ | 20 | — | 52 | 3 | 157 | 29 | 6 | 27 | — | — | — |
| | 12 | | ∞ | 17 | — | 36 | — | 97 | 28 | — | 20 | 3 | — | — |
| | 13 | | 540 | 8 | — | 65 | 6 | 257 | 69 | 12 | 20 | — | 2 | 6 |
| A | 14 | țiței | 485 | — | — | 51 | 5 | 107 | 52 | 13 | 16 | 5 | — | 7 |
| | 15 | | 290 | — | — | 67 | 15 | 457 | 69 | 35 | 24 | 11 | 3 | 13 |
| | 16 | | ∞ | 10 | — | 24 | — | 57 | 12 | 6 | 12 | — | — | — |
| B | 17 | țiței | ∞ | 9 | — | 39 | — | 107 | 55 | 11 | 18 | 3 | — | 4 |
| | 18 | | ∞ | 3 | — | 27 | — | 77 | 39 | 11 | 14 | 5 | — | 5 |
| Participarea procentuală: | | | 1 | 10 | >30 | 0,3 | 3 | 0,1 | 0,01 | 0,001 | 0,001 | 1 | 0,001 | 1—3 |

lichid hidratat cu apă distilată (diametrul critic 2,8⁺Å). Asupra mărimilor numerice ale polarității acestor fluide menționăm părerea autorilor lucrărilor [2;4], care afirmă că încă nu sîntem în posesia unor rezolvări adecvate asupra complexelor sisteme de echilibru ale soluțiilor apoase de NaCl cu $CO_2$ gazos ; despre cele cu $CO_2$ lichid literatura duce lipsă.

Bioxidul de carbon lichid are o polaritate redusă și, în contact cu izooctanul nepolar determină, în condițiile experimentului, o stare de cvasinemiscibilitate, fapt ce face ca lichidul $CO_2$ să împingă izooctanul din spațiul poros și, odată cu reducerea saturației în izooctan, dislocuitorului i se opune o rezistență hidraulică mai mică, presiunea scade datorită desaturării

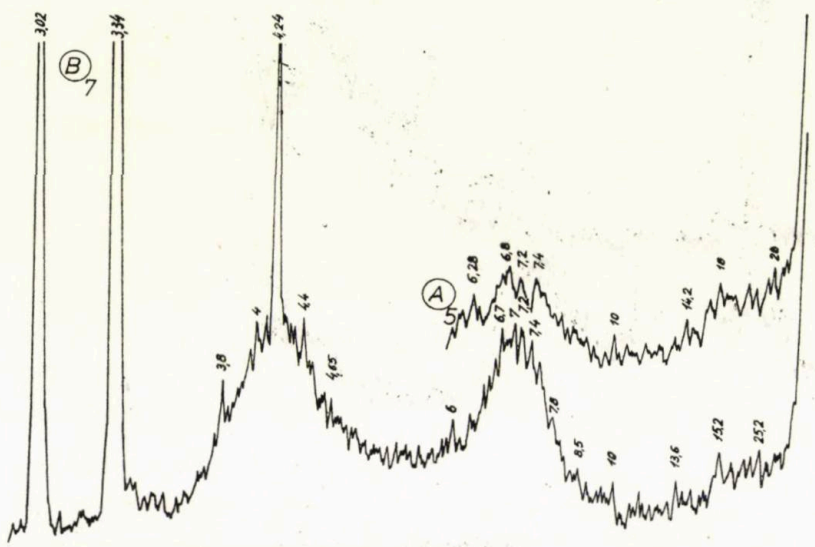



Fig. 3. Difractograme de raze X pentru probele $A_5$, $B_7$.

Oricum difractogramele și datele analizelor chimico-spectrale din lucrările [9; 11] ne permit să afirmăm că numai proprietățile structurale ale mediilor în contact pot ajuta la descifrarea complicatelor mecanisme ale polarității și schimbului ionic în condițiile din zăcămintele de hidrocarburi fluide.

Cu această idee să abordăm dislocuirea probelor saturate cu izooctan de către $CO_2$ lichid și $CO_2$ gazos. Izooctanul, ca fluid nepolar, nu acționează cu argilele polare [8] și nici cu carbonații. Datele din tabelul 2 arată că nu s-au deplasat ionii de Ca, Na, Fe, Mg în probele 5 și 6, dar sînt modificări substanțiale ale lor în proba 7 care, după ce presiunea în reținător a scăzut sub presiunea stării lichide a $CO_2$ (tabelul 1 și [11]), a condus la acțiunea stării gazoase a $CO_2$ cu apa aflată în rețelele montmorillonitelor, generînd un nou fluid polar, care, acționînd asupra argilelor, îndepărtează din interplane ionii schimbabili de Na, Ca, Fe, Mg ș.a., provocînd prin schimb ionic [9] umflarea montmorillonitelor, difractograma $B_7$ (fig. 3). Acest nou fluid polar nu a acționat asupra carbonatului de calciu, așa cum atestă parametrul $d/n = 3{,}02$ Å din difractoramă. Aceste date resubliniază ideea prezentată anterior asupra particularităților structurale ale fluidelor polare formate prin amestecul a mai mulți componenți, precum și a particularităților structurale ale rețelelor cristaline [9; 11].

și se trece sub limita care aduce starea gazoasă a $CO_2$ (fig. 4). Pînă la timpul $t = 6$ (fig. 5)

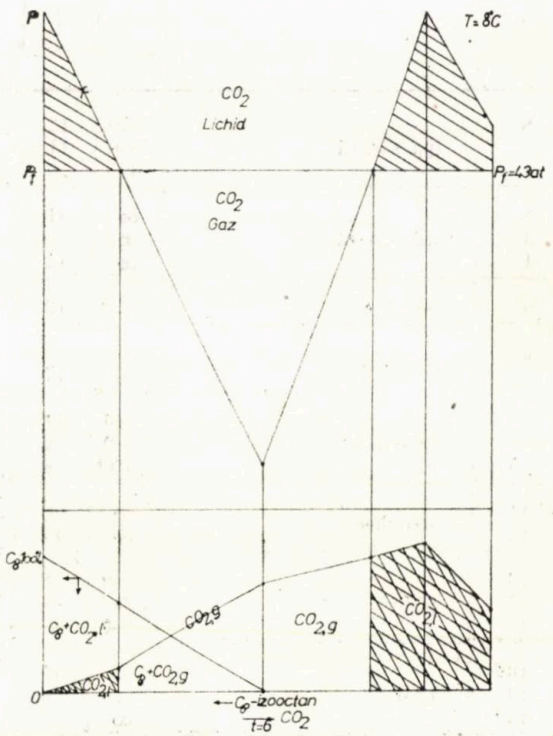



Fig. 4. Schema dislocuirii probei $B_7$ saturată cu izooctan de către $CO_2$ lichid și $CO_2$ gaz.

izooctanul a fost total îndepărtat din probă (fig. 4), fapt ce a determinat expansiunea fazei gazoase în reţinătorul de probe, după care, datorită menţinerii în vasul tampon al instalaţiei [11] a unei presiuni ridicate, presiunea în

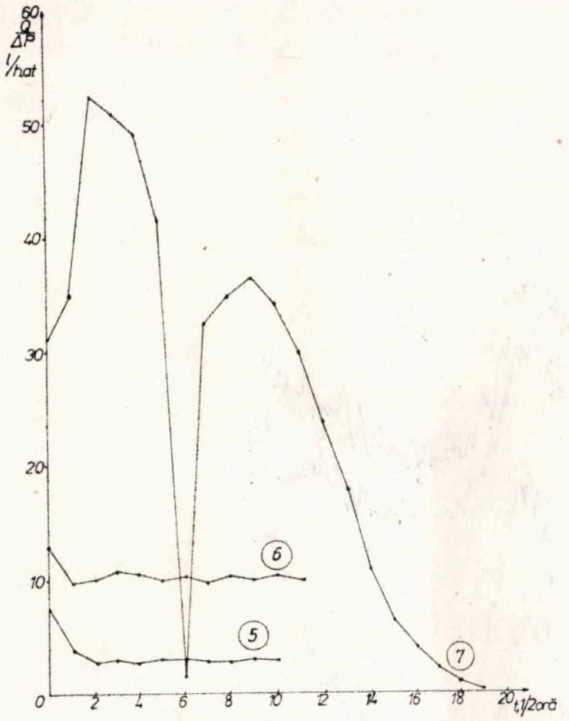



Fig. 5. Variaţia parametrului $Q/\Delta P$ în timp, la probele saturate cu izooctan şi dislocuite de către $CO_2$ lichid la probele 5 şi 6 şi de către $CO_2$ lichid şi $CO_2$ gaz la proba 7

reţinătorul de probe a crescut şi, depăşind nivelul presiunii de lichefiere, a adus $CO_2$ în faza lichidă, care începe să acţioneze asupra particulelor argiloase polare umflîndu-le, ceea ce determină reducerea parametrului $Q/\Delta P$ (fig. 5).

Izooctanul avînd o extrem de slabă miscibilitate cu apa distilată (0,002% la temperatura de 16°C şi presiunea de un bar) practic nu intră în relaţii cu apa din interplane, de aceea nu umflă montmorillonitele, fapt pentru care dependenţele 5 şi 6 din figura 5 rămîn practic constante, în timp ce bioxidul de carbon lichid are relaţii de miscibilitate cu apa datorită polarităţii şi de aceea are loc schimbul ionic şi montmorillonitele şi cloritele care umflă îşi lărgesc elementele geometrice ale reţelelor cristaline. Difractograma $A_5$ ilustrează, prin parametrii $d/n$ şi $I$ că $CO_2$ lichid, în condiţiile experimentului, aproape nu a acţionat asupra mediului solid poros permeabil, (a se compara difractogramele A din [11] cu $A_5$) şi de aceea în curba de comportare a parametrului $Q/\Delta P$ (fig. 5) apare variaţia obţinută. Parametrii fizico-chimici arată că variaţiile microstructurale sînt foarte mici şi ca atare fenomenul de schimb ionic fiind extrem de redus nu a determinat vădite variaţii macrostructurale. Diametral opusă apare situaţia în difractograma probei $B_7$ care, comparată cu difractograma probei $B_N$ din [11], pune în evidenţă puternica umflare a argilelor prin intensitatea şi mărimile planelor de difracţie din domeniile 3,5—5 Å, 6,5—8 Å şi $>40$ Å. Trecînd în stare gazoasă $CO_2$ dă cu apa din interplanele montmorillonitelor un nou fluid polar, care îndepărtează ionii schimbabili, umflînd puternic argilele.

*Dislocuirea probelor saturate cu ortoxilen de către $CO_2$ lichid.* Ortoxilenul, ca fluid polar, reacţionează cu montmorillonitele umflîndu-le puternic [8]. Analizînd comportarea probelor prezentei cercetări (fig. 6), tabelul 1 şi difractogramele $A_8$, $A_9$, $A_{10}$ şi $B_{11}$, $B_{12}$ (fig. 7) se con-

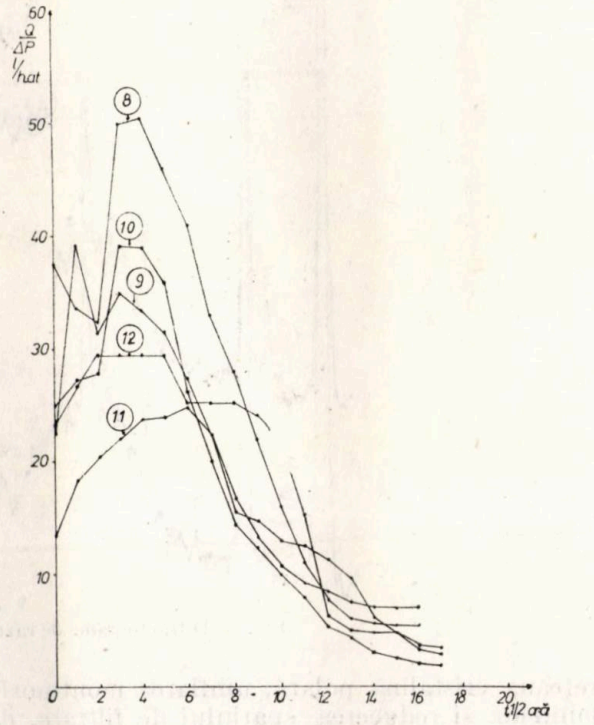



Fig. 6. Variaţia parametrului $Q/\Delta P$ în timp, la probele saturate cu ortoxilen şi dislocuite de către $CO_2$ lichid.

stată o mişcare activă a ionilor în probe, cea mai intensă deplasare fiind la temperatura de 8°C, atît în probele de tip A, cît şi în cele de tip B. Miscibilitatea $CO_2$ lichid fiind mai mare la temperaturi scăzute face ca polaritatea fluidelor să fie mai accentuată la temperatura de 8°C a experimentelor, de unde şi îndepărtarea ionilor schimbabili din reţelele polare (tab. 2) şi blocarea mai accentuată a probelor (tab. 1). Conform teoriei polarităţii [3; 4; 5] două fluide polare intrînd în contact generează un quadrupolmoment (cazul $CO_2$ lichid + ortoxilenul) care, nou fluid, întîlnind apa polară din interplanele montmorillonitelor va genera un nou fluid polar, ce va acţiona asupra reţelei cristaline îndepărtînd din inter-

plane ionii schimbabili, dovadă reducerea substanţială a gradului de participare a ionilor de $Ca^{2+}$, $Na^{+}$, $Fe^{2+}$, $Mg^{2+}$ şi a celorlalte elemente chimice indicate în tabelul 2; generînd prin pătrunderea fluidului polar final, reţinut de

*Dislocuirea probelor saturate cu ţiţei de către $CO_2$ lichid*

Ţiţeiul, ca fluid polar, pătrunzînd în spaţiul de pori al probelor intră în interacţiune cu reţelele cristaline polare ale montmorillonitelor

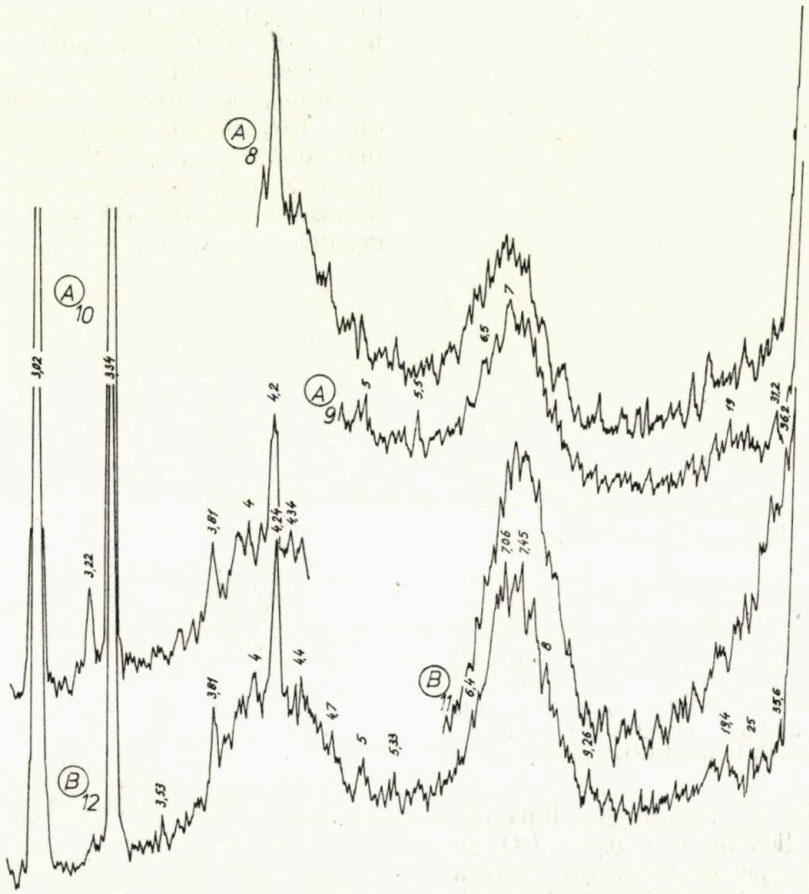



Fig. 7. Difractograme de raze X pentru probele $A_8$, $A_9$, $A_{10}$, $B_{11}$, $B_{12}$.

reţeaua cristalină polară, umflarea montmorillonitelor şi reducerea spaţiului de filtrare, de unde căderea accentuată a parametrului $Q/\Delta P$ (fig. 6). Analiza difractogramelor sus-menţionate arată invariabilitatea calcitului şi cuarţului şi pune în evidenţă puternica umflare a argilelor. În domeniile 6—8 Å se observă intensităţi foarte ridicate pentru planele (006) ale reţelelor cristaline de interstratificaţie mixtă, atestînd pe de o parte puternica umflare, iar pe de alta, îndepărtarea ionilor schimbabili din interplane, scoasă în evidenţă şi de analiza chimico-spectrală (tab. 2).

Îndepărtarea elementelor chimice „mai grele" şi pătrunderea fluidului polar rezultant face ca densitatea de electroni în interplane să scadă, de unde şi creşterea intensităţii undei difractate [1], care este mai puţin absorbită de ionii mai „uşori" prezenţi acum în interplane.

consecinţa fiind includerea ţiţeiului în reţelele montmorillonitelor care vor umfla puternic [12]. Reţinerea este atît de puternică, încît dislocuirea ţiţeiului de către $CO_2$ lichid nu a fost completă, fapt observat şi vizual pe probele extrase din reţinător, şi scos în evidenţă de analiza chimico-spectrală (tab. 2), unde se observă în probele A, cu mai multă argilă, mărimi mai ridicate în comparaţie cu probele martore, de exemplu la conţinutul de Mg, Ni şi destul de apropiate de nivelele din probele martore pentru elementele Na, Fe, deşi probele sînt puternic umflate aşa cum atestă difractogramele $A_{15}$ şi $B_{16}$ (fig. 8). Includerea elementelor chimice sus-menţionate provine din ţiţeiul din meoţianul II din structura Moreni — Gura Ocniţei [7], care conţine aceste elemente chimice, de exemplu Mg la nivel de 100 p.p.m., Ni în proporţie de 135 p.p.m., Fe în cantitate de 140 p.p.m., Na în procent de 1.

Mecanismul dislocuirii este următorul: bioxidul de carbon lichid, ca mediu polar cu diametru critic mic (2,8 Å), pătrunde în rețeaua polară umflată a montmorillonitelor, unde intră în interacțiune cu fluidul polar din rețeaua

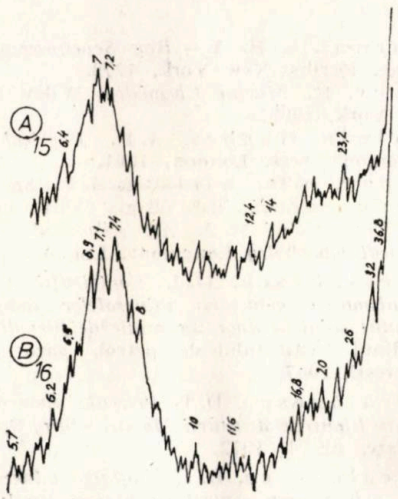



Fig. 8. Difractograme de raze X pentru probele $A_{15}$, $B_{16}$.

umflată a montmorillonitelor, generînd, în final, un fluid polar, amestec de țiței cu $CO_2$ lichid, care este reținut de rețeaua cristalină polară [11], pentru a-și echilibra sarcinile electrice. Ilustrare a faptului că fluidul polar a rămas în interplanele montmorillonitelor sînt seriile de difracție observate în difractograme. Primele plane bazale ale interstratificărilor mixte illit-clorit-montmorillonit sînt la peste 40 Å, dovadă apariția planelor (004) la peste 9,8 Å la proba $A_{15}$ puternic umflată (fig. 8) și deci și blocată (fig. 9), umflare dovedită și de intensa substituire a ionilor schimbabili din tabelul 2, fapt ce determină și comportarea parametrului $Q/\Delta P$ (fig. 9).

Din analizele efectuate se poate observa o comportare similară a probelor atunci cînd au fost saturate cu ortoxilen și respectiv cu țiței și dislocuirea s-a făcut cu $CO_2$ lichid. Țițeiul, amestec de molecule polare, nu putea face excepție de la legile polarității și schimbului ionic în cadrul condițiilor din zăcămintele de hidrocarburi fluide.

Modelînd interacțiunea argilelor cu izooctanul și ortoxilenul s-a pus în evidență rolul polarității. Atunci cînd molecula nu este polară, — cazul izooctanului — argila polară nu are relații cu ea, și diametral opus, cînd molecula este polară — cazul ortoxilenului și țițeiului — argila polară intră foarte ușor în interacțiune cu moleculele organice polare, rezultanta fiind [8; 12] includerea moleculelor polare în rețeaua cristalină a montmorillonitelor, determinînd umflarea acestor rețele.

Umflarea rețelelor cristaline polare se traduce în reducerea spațiului de pori al probei prin care trece fluidul polar și deci reducerea debitului fluidului polar care trece prin aceste probe polare.

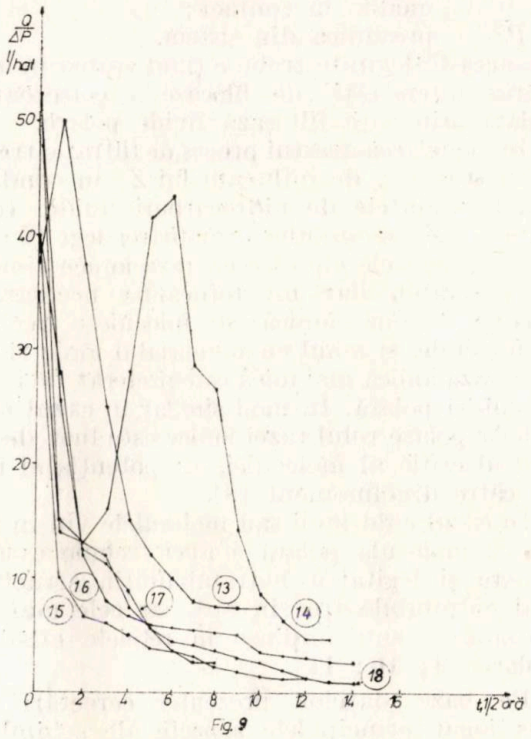



Fig. 9

Fig. 9. Variația parametrului $Q/\Delta P$ în timp, la probele saturate cu țiței și dislocuite de către $CO_2$ lichid.

Colectoarele de hidrocarburi fluide nu pot fi fără apă, iar de-a lungul timpului geologic mediile au ajuns la o stare de cvasiechilibru. Bioxidul de carbon, fie în stare gazoasă, fie în stare lichidă, ca medii polare, în condițiile din zăcămintele de hidrocarburi fluide, intră în interacțiune cu apa mineralizată de zăcămînt, generînd un nou fluid polar ce nu poate fi în echilibru cu rețelele cristaline polare ale colectoarelor și, ca atare, între mediul solid polar și noul fluid polar se desfășoară un activ schimb de ioni, care determină umflarea rețelelor cristaline polare și, ca atare, reducerea debitului fluidului polar ce trece prin probe. Probele „fără apă" ale experimentului trebuie înțelese ca nesaturate cu apă, dar în rețelele cristaline ale montmorillonitelor există apă și ea se va comporta identic ca apa din porii colectoarelor.

Intensitatea de schimb ionic [9; 10; 11] este funcție de concentrația ionilor din mediile în contact, pentru că:

$$E = \frac{KT}{Z_+} \ln \frac{C_2}{C_1 + C_2}\Big|_{P=ct}$$

unde:

$E$ este energia schimbului ionic, mV;
$K$ — constanta lui Boltzmann;
$T$ — temperatura absolută a sistemului;
$Z_+$ — sarcina electrică a cationului;
$C_1$ și $C_2$ — concentrațiile ionului în cele două medii în contact;
$P$ — presiunea din sistem.

De această legitate trebuie ținut seama în aprecierea intensității de blocare a colectoarelor polare prin care filtrează fluide polare.

În modelarea acestui proces de filtrație trebuie ținut seama și de influența lui $Z_+$ în condițiile din zăcămintele de hidrocarburi fluide. Influența lui $Z_+$ se supune următoarei legi [9; 10; 11]: elementele chimice cu raze ionice similare și preferabil, dar nu totdeauna necesar, de aceeași sarcină ionică se înlocuiesc reciproc în minerale, și ionul cu potențialul ionic ridicat și cu raza ionică mai mică este preferat de rețeua cristalină polară. În mod similar în cazul moleculelor polare rolul razei ionice este luat de diametrul critic al moleculei, iar potențialul ionic de către dipolmoment [8].

În cazul cînd ionii sau moleculele vin în relație cu molecula polară a apei trebuie avut în vedere și legitatea hidratabilității, structurile mai hidratabile trec în apă, iar cele mai slab hidratabile sînt împinse în rețelele cristaline polare [9; 10; 11].

Pe baza datelor prezentei cercetări s-au menționat principalele aspecte ale schimbului ionic și ale polarității, pentru că în condițiile din zăcămînt, în procesele de dislocuire ale sistemelor de hidrocarburi fluide de către alte fluide injectate de la suprafață, sîntem în sferele polarității și schimbului ionic, și apreciem că numai cunoașterea acestor legități ne va permite conducerea adecvată a proceselor tehnologice prin care dorim să creștem mărimea factorului final de extracție a hidrocarburilor fluide din zăcămînt.

**Bibliografie**


[1] Agarwal, K.B. *X — Ray Sepctroscopy.* Springer-Verlag, Berlin, New York, 1979.
[2] Horne, R. *Marine Chemistry.* Wiley Interscience, New York, 1969.
[3] Moelwin Hughes, A.E. *Physical Chemistry.* Pergamon Press, London, 1961.
[4] Osipov, A.O., Mirikin, I.V. *Spravocinik po diplonîm momentam.* Izd. Vissaia Skola, Moskva, 1971.
[5] Partington, R.J. *An Advanced Treataise on Physical Chemistry* Longmans, London, 1957.
[6] Pârcălăbescu, D.I. *Contribuții la explicarea mecanismului acidizării mineralelor componente ale mediului solid al unor zăcăminte de țiței din România.* Buletinul Institutului de petrol, gaze și geologie, București, 1967.
[7] Pârcălăbescu, D.I. *Prezența unor elemente chimice în țițeiurile structurii Moreni — Gura Ocniței.* Petrol și Gaze, nr. 4, 1972.
[8] Pârcălăbescu, D.I. *Umflarea mineralelor argiloase polare prin contact cu hidrocarburile polare din condensat și implicații cu procesul de exploatare a zăcămintelor.* Buletinul Institutului de petrol și gaze, Ploiești, 1974.
[9] Pârcălăbescu, D.I. *Interacțiunea bioxidului de carbon cu apele și rocile colectoare de țiței în condiții de zăcămînt.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 8, 1980.
[10] Pârcălăbescu, D.I. *Apa sîngenetică — cel mai adecvat dislocuitor al țițeiului în condiții de zăcămînt.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 3, 1981.
[11] Pârcălăbescu, D.I. *Asupra interacțiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu mediul solid al colectoarelor de hidrocarburi fluide.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 1, 1982.
[12] Pârcălăbescu, D.I. *The influence of the coke obtained during the process of underground combustion upon some argillous minerals present in the deposit.* Buletinul Institutului de petrol și gaze, Ploiești, 1980.


# Cursa reală la pompele de extracție


Conf. dr. ing. **A. Popovici**
șef. lucr. dr. ing. **V. Berindei**
Institutul de petrol și gaze Ploiești


Pentru calculul corect al debitului extras prin pompaj de adîncime, este necesară cunoașterea valorii cursei reale, adică a deplasării relative piston-cămăși la pompă, pe parcursul unui ciclu de lucru.

Cursa reală $S_r$, sau cursa de adîncime, diferă de cursa de suprafață $S$, măsurată la balansierul unității de pompare, datorită următoarelor două aspecte, cunoscute din literatura de specialitate: pierderea de cursă $\Delta S$ și supracursa $S_p$:

$$S_r = S - \Delta S + S_p \qquad (1)$$

**1.** Pierderea de cursă $\Delta S$ apare datorită deformărilor statice ale garniturii de prăjini de pompare și coloanei de țevi de extracție la preluarea, respectiv cedarea alternativă a greutății coloanei de lichid. În figura 1 este evidențiată această pierdere de cursă, pe baza unei schematizări a dinamogramei de suprafață (diagrama forță-deplasare), ținînd seama doar de aplicarea statică a sarcinilor:

$F_p$ — greutatea coloanei de prăjini în lichid (ținînd seama de flotație);

$F_l$ — greutatea coloanei de lichid, corespunzătoare secțiunii brute a pistonului;
$S$ — cursa de suprafață;
$\Delta S$ — pierderea de cursă;
$F_f$ — forța de frecare a pistonului în pompă.

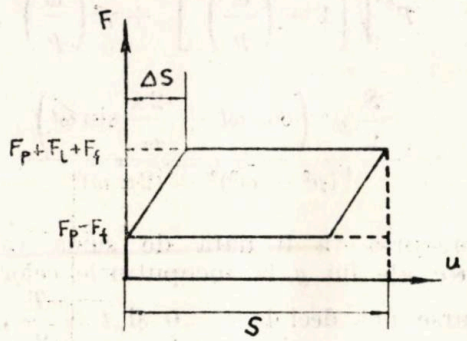



Fig. 1. Dinamograma simplificată a unităților de pompare

Forța de frecare $F_f$ schimbă de semn la fiecare semicursă și se poate estima [2] cu relația $F_f = 25D$, în kN, unde $D$ este diametrul pistonului, în m.

Conform figurii 1, rezultă pierderea de cursă:

$$\Delta S = \frac{F_1 + 2F_f}{k},$$

unde $k$ este constanta elastică a sistemului prăjini de pompare $k_p$ și țevi de extracție $k_t$:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_p} + \frac{1}{k_t} \qquad (3)$$

Observații

**a.** În cazul țevilor de extracție ancorate $k = k_p$.

**b.** În cazul garniturilor de prăjini tronsonate, $k_p$ rezultă:

$$\frac{1}{k_p} = \sum_i \frac{1}{k_i},$$

$$\text{unde } k_i = \frac{EA_i}{l_i},$$

în care:

$E$ este modulul de elasticitate longitudinal;
$A_i$ — ariile secțiunilor tronsoanelor de lungimi $l_i$.

**2.** Supracursa $S_p$ apare datorită fenomenelor oscilatorii induse prin excitația cinematică de suprafață în garnitura de prăjini de pompare. Pentru determinarea acestei supracurse, în literatură se recomandă diferite relații, dintre care o aplicație largă [3] o are formula:

$$S_p = \frac{2{,}3}{10^{10}} (Ln)^2 S \qquad (4)$$

Această relație a apărut prin rotunjirea coeficientului din formula propusă de C.J. Coberley [2]:

$$S_p = \frac{2{,}28}{10^{10}} (Ln)^2 S, \qquad (5)$$

unde:

$L$ este lungimea garniturii de prăjini;
$n$ — numărul de curse duble pe minut.

C. J. Coberley determină această mărime ca efect al forței de inerție care produce o deformație a prăjinilor la mișcarea în fiecare sens, pe această bază rezultînd:

$$S_p = \frac{2{,}6}{10^{10}} (Ln)^2 S$$

Modificarea valorii coeficientului 2,28 la 2,6 s-a făcut în urma măsurătorilor cursei de adîncime efectuate de W. E. Gilbert.

Relația prezintă deficiența că nu ține seama de particularitățile fiecărei sonde, privind pulsația oscilațiilor proprii $p$, a garniturii de prăjini de pompare. Valoarea $p$ se poate determina cu suficientă precizie, utilizînd relația:

$$p = \frac{\pi}{30} \frac{76\,500}{L} \cong \frac{8\,100}{L}, \text{ s}^{-1} \qquad (6)$$

Calculul pulsației, cu precizie mai mare [4], este mai laborios și pentru problema în cauză nu este necesar.

În continuare se propune a se găsi o formă mai generală pentru relația (5), care să țină seama de aspectul cauzal fizic și anume oscilațiile forțate ale garniturii de prăjini. Schema de calcul simplificată din figura 2 presupune ca valoarea masei $m$, considerată concentrată

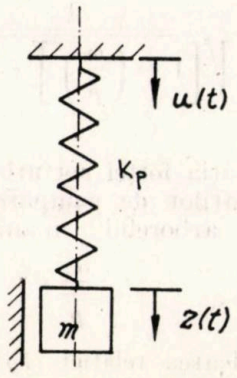



Fig. 2. Schema echivalentă de calcul dinamic:
$u(t)$ — deplasarea capului balansier;
$z(t)$ — deplasarea pistonului.

la piston, să asigure aceeași valoare a pulsației $p$, ca în cazul garniturii cu masă distribuită.

$$p^2 = \frac{k_p}{m} \qquad (7)$$

Ecuaţia de mişcare a masei $m$ este:

$$m\ddot{z} + \beta\dot{z} + k_p(z - u) = 0 \qquad (8)$$

$\beta$ — coeficientul de amortizare — se poate nota:

$$\frac{\beta}{m} = 2\alpha \qquad (9)$$

Pe baza relaţiilor (7), (9), ecuaţia (8) se scrie:

$$\ddot{z} + 2\alpha\dot{z} + p^2 z = p^2 u \qquad (10)$$

Pentru a evidenţia efectul de supracursă al fenomenelor oscilatorii, se va exprima deplasarea pistonului sub forma:

$$z = u + y \qquad (11)$$

şi se înlocuieşte în ecuaţia (10):

$$\ddot{y} + 2\alpha\dot{y} + p^2 y = -(\ddot{u} + 2\alpha\dot{u}) \qquad (12)$$

Se notează: $F = -m(\ddot{u} + 2\alpha\dot{u})$ (13)

Ecuaţia (12) devine:

$$\ddot{y} + 2\alpha\dot{y} + p^2 y = \frac{F}{m}, \qquad (14)$$

care reprezintă ecuaţia clasică de mişcare cu frecare, pentru un sistem cu un grad de libertate dinamică, sub acţiunea unei forţe perturbatoare $F$. Soluţia cunoscută a acestei ecuaţii este:

$$y = \frac{F}{k_p} \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{p}\right)^2\right]^2 + \gamma^2\left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}, \qquad (15)$$

unde:

$\omega$ este pulsaţia forţei perturbatoare $F$ care, în cazul unităţilor de pompare, este viteza unghiulară a arborelui manivelelor;

$$\gamma = \frac{2\alpha}{p}$$

Pentru aplicarea relaţiei (15) este necesară explicitarea forţei $F$ conform relaţiei (13). Se va utiliza teoria cinematicii elementare, conform căreia:

$$u = -\frac{S}{2}(1 - \cos\omega t);$$

$$\dot{u} = -\frac{S}{2}\omega\sin\omega t; \quad \ddot{u} = -\frac{S}{2}\omega^2\cos\omega t \qquad (16)$$

Ţinînd seama de relaţiile (7), (13), (16), relaţia (15) devine succesiv:

$$y = \frac{\frac{S}{2}\omega^2\cos\omega t + 2\alpha\frac{S}{2}\omega\sin\omega t}{p^2\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{p}\right)^2\right]^2 + \gamma^2\left(\frac{\omega}{p}\right)^2}} =$$

$$= \frac{\frac{S}{2}\omega^2\left(\cos\omega t + \frac{2\alpha}{\omega}\sin\omega t\right)}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + (2\alpha\omega)^2}} \qquad (17)$$

Supracursa va fi dată de suma valorilor absolute ale lui $y$ la începuturile celor două semicurse [4], deci la $t = 0$ şi $t = \frac{T}{2}$, unde $T$ este perioada ciclurilor de pompare:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (18)$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \qquad (19)$$

$$S = \frac{S\omega^2}{\sqrt{(p^2 - \omega^2) + (2\alpha\omega)}} \qquad (20)$$

Pentru cazul fără frecare ($\alpha = 0$), rezultă:

$$S_p = S\frac{\omega^2}{p^2}\frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{p}\right)^2} \qquad (21)$$

Înlocuind în relaţia (21) expresiile (6) şi (19), rezultă:

$$S_p = S\frac{(Ln)^2}{76\,500^2}\frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{p}\right)^2} =$$

$$= \frac{1{,}7}{10^{10}}\frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{p}\right)^2}(Ln)^2 S$$

$$S_p = \frac{c}{10^{10}}(Ln)^2 S \qquad (22)$$

Relaţia (22) este tocmai formula pentru calculul supracursei, unde:

$$c = \frac{1{,}7}{1 - \left(\frac{\omega}{p}\right)^2} = \frac{1{,}7}{1 - \frac{Ln}{76\,500}} \qquad (23)$$

Observaţii

1. Relaţia (22) este stabilită în teoria cinematicii elementare, neglijînd influenţa frecărilor asupra fenomenelor oscilatorii. Precizia este suficientă pentru necesităţile practice, dar informativ în lucrarea [4] sînt prezentate şi relaţii care ţin seama de teoria cinematicii exacte şi efectul frecărilor.

2. Constanta $c$ din relaţia (22) depinde de raportul $\frac{\omega}{p}$ (relaţia 23). Relaţia (22) generalizează astfel formula lui C. J. Coberley ($c$=2,28 datorită simplificărilor admise la stabilirea acestei relaţii).

3. Conform cercetărilor lui A. N. Adonin [1], nu se recomandă pompajul în regim dinamic, impunîndu-se condiţia:

$$\frac{\omega L}{c} < 0{,}4, \text{ sau } nL < 20000,$$

unde $c = 5\,100$ m/s (viteza sunetului în oţel).

Deci la limită, în cazul alegerii corecte a parametrilor regimului de pompare, coeficientul $c$ (relaţia 23) are valoarea propusă de C. J. Coberley corectată (relaţiile 4 şi 5):

$$c = \frac{1{,}7}{1 - \frac{20\,000}{76\,500}} \cong 2{,}3$$

Valorile mai mari corespund pompajului în regim dinamic, regim la care se încadrează deci cazurile pentru care a efectuat W. E. Gilbert determinările experimentale.

Exemplu de calcul

Se determină supracursa în cazul pompajului de adîncime, date fiind: $L = 2\,000$ m; $n = 9$ curse/min; $S = 3$ m.

$$c = \frac{1{,}7}{1 - \frac{2000 \cdot 9}{76\,500}} = 2{,}21 \text{ (relaţia 23)}$$

$$S_p = \frac{2{,}21}{10^{10}} (2000 \cdot 9)^2 \cdot 3 = 0{,}21 \text{ m (relaţia 22)}$$

**Bibliografie**


[1] Adonin, A. N. *Profesi glubinonasosnoi neftedobici.* Nedra, Moskva, 1964.

[2] Drăgotescu, N. D. *Pompajul sondelor de ţiţei.* Ed. tehnică, 1961.

[3] Pancoş, N. *Îndrumător pentru extracţia ţiţeiului prin pompare.* Ed. tehnică, 1972.

[4] Popovici, A. *Cercetări asupra dinamicii instalaţiilor de pompare pentru extracţia petrolului.* Teză doctorat I.P.G. Ploieşti, 1975.


# Estimarea perioadei eruptive a sondelor productive de ţiţei


Şef. lucr. dr. ing. V. Grigore
conf. dr. ing. C. Gh. Popa
prof. dr. ing. I. Tocan
I.P.G. Ploieşti

ing. V. Truică
I.C.P.P.G. Cîmpina


## I. Principii generale şi de calcul

În vederea stabilirii sau verificării posibilităţilor de a exploata o sondă în erupţie naturală au fost publicate diverse teorii cu privire la ascensiunea verticală a amestecurilor bifazice şi, corespunzător acestora, metode de evaluare a gradientului de presiune. Toate acestea au drept scop construirea, pe bază de calcul, a curbei de variaţie a presiunii de-a lungul coloanei ţevilor de extracţie pentru anumite condiţii şi parametri tehnologici daţi.

O teorie este cu atît mai utilă cu cît ea permite construirea unei curbe de distribuţie a presiunii în lungul coloanei ţevilor de extracţie, aşa-numita curbă gradient, mai apropiată de variaţia reală a acestei presiuni, stabilită prin măsurători directe la sondă, şi cu cît metoda este adecvată pentru o gamă largă de valori ale parametrilor tehnologici folosiţi în calcule, ceea ce permite aplicarea acesteia pentru o multitudine de situaţii întîlnite în practică.

În cazul cînd valoarea presiunii de la gura sondei, determinată prin construirea curbei de variaţie a presiunii plecînd de la şiul coloanei ţevilor de extracţie spre suprafaţă, este mai mare decît o presiune minimă necesară pentru asigurarea transportului amestecului bifazic de la capul de erupţie la parcul de separatoare, se poate trage concluzia că sonda va produce în erupţie naturală.

În general, pentru construirea curbei de variaţie a presiunii de-a lungul coloanei ţevilor

de extracţie la o sondă dată, este necesar să se cunoască următorii parametri:

— valoarea presiunii de la ştiul coloanei ţevilor de extracţie;

— debitul de ţiţei;

— debitul de gaze sau raţia gaze-ţiţei;

— debitul de apă sau procentul de impurităţi.

În situaţia în care se urmăreşte să se stabilească perioada eruptivă a unei sonde este necesar să se cunoască şi care este variaţia în timp a acestor parametri. Lucrul acesta va permite efectuarea unor calcule de prevedere a ascensiunii fluidelor în coloane de ţevi verticale la diverse etape ale exploatării, ceea ce va conduce la stabilirea duratei productive în erupţie naturală a sondei respective. De aici se desprinde concluzia că de precizia prevederii comportării în exploatare a zăcămîntului din care produce sonda, deci a curbelor de comportare, şi de precizia comportării în timp a parametrilor tehnologici ai sondei, depinde exactitatea cu care se determină durata de exploatare prin erupţie naturală a sondei analizate.

Pînă în prezent însă nu au fost puse la punct metode de proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi fluide care să permită stabilirea, cu certitudine, a evoluţiei în timp a parametrilor tehnologici ai fiecărei sonde. Totuşi prin metodele actuale, se poate determina, cu suficientă exactitate, care este evoluţia acestor parametri, pe grupuri de sonde sau pe zăcămînt.

Ţinînd seama de aceste considerente, pentru stabilirea perioadei eruptive în funcţie de regimul de zăcămînt, s-a stabilit următoarea metodologie (fig. 1).

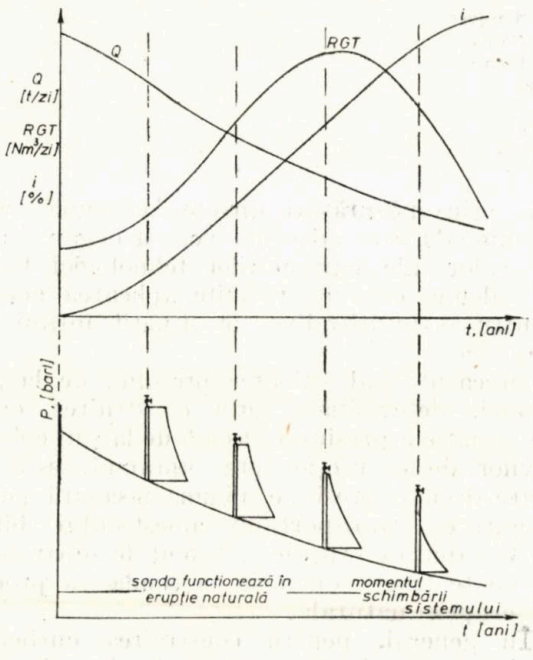



Fig. 1

1. În funcţie de regimul de zăcămînt, printr-o metodă adecvată de proiectare, se stabileşte variaţia în timp a presiunii la ştiul coloanei ţevilor de extracţie, a debitului de ţiţei, a raţiei gaze-ţiţei (respectiv a debitului de gaze) şi a procentului de impurităţi (respectiv a debitului de apă).

2. Se stabileşte intervalul de timp pentru verificarea exploatării sondei în erupţie naturală.

3. La momentul de calcul, pe baza curbelor de comportare a zăcămîntului, se stabilesc parametrii tehnologici de exploatare a sondei (presiunea la ştiu, debitul de ţiţei, apă şi gaze).

4. Printr-o metodă de proiectare a regimului tehnologic de exploatare a sondei în erupţie, pentru parametrii stabiliţi, se construieşte curba de variaţie a presiunii de-a lungul coloanei ţevilor de extracţie.

5. Se compară presiunea de la gura sondei rezultată din calcul cu presiunea minimă necesară impusă.

6. Dacă presiunea de la gura sondei este mai mare decît presiunea minimă necesară se admite un nou interval de creştere a timpului (pasul următor) şi se reia calculul începînd cu punctul 3.

7. Cînd presiunea de la gura sondei devine egală sau mai mică decît presiunea minimă necesară, momentul de calcul indică aproximativ durata exploatării sondei prin erupţie naturală.

Pentru stabilirea perioadei eruptive a unei sonde conform acestei metodologii, a fost întocmit un program de execuţie la calculator, care este prezentat în cele ce urmează.

## II. Organizarea sistemului de calcul

Programul pentru calculator a fost elaborat în limbaj FORTRAN.

În vederea acoperirii unui domeniu cît mai mare de situaţii existente în practica productivă, programul a fost conceput pe module organizate pe patru nivele (tab. 1), conform unui sistem redat în figura 2.

În acest mod, o asemenea organizare permite îmbogăţirea continuă a programului, lăsînd în final posibilitatea de decizie celui ce-l utilizează, de a opta, atît pentru metoda convenabilă de proiectare a exploatării zăcămîntului, cît şi pentru alegerea tehnicii adecvate de construire a curbei de variaţie a presiunii de-a lungul coloanei ţevilor de extracţie. Aceste opţiuni vor putea fi făcute cu mici modificări numai în programul principal (nivelul 0).

N i v e l u l 0 cuprinde un singur modul denumit PP — program principal.

N i v e l u l 1 cuprinde modulele de proiectare a exploatării şi/sau de prelucrare a datelor de comportare a exploatării zăcămîntului, în vederea furnizării informaţiilor necesare modu-

lelor de nivel 2 pentru calculul parametrilor care guvernează ascensiunea fluidelor în coloane de țevi verticale.

*Tabelul 1*

**Organizarea programului de calcul pe module**

| Nivelul | Specificația | Denumirea modulului |
|---|---|---|
| 0 | Programul principal | PP |
| 1 | Module de proiectare | DATACOMP; GASDIS; FRAPA |
| 2 | Module de ascensiune în coloane de țevi verticale | DATAGRIG; GRIGORE |
| 3 | Module ajutătoare | FEVA; EVAL; UEVA |

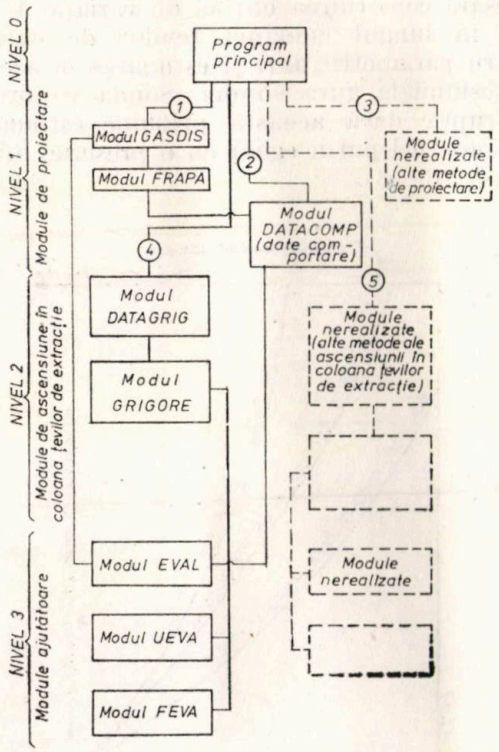



Fig. 2

Așa cum reiese din tabelul 1, pînă în momentul de față la acest nivel sînt prevăzute modulele GASDIS, DATACOMP și FRAPA. Prin utilizarea acestor module se urmărește determinarea variației în timp a presiunii de zăcămînt folosită pentru estimarea presiunii la șiul coloanei țevilor de extracție la diferite momente ale exploatării și corespunzător a debitului de țiței, a rației gaze-țiței și a procentului de impurități. După terminarea procesului de estimare a acestor parametri, calculul se întoarce în programul principal.

Trebuie remarcat faptul că la acest nivel pot fi adăugate și alte module care să acopere și alte variante de exploatare a zăcămîntului. Acestea vor trebui să conducă, în final, la obținerea parametrilor necesari calculelor corespunzătoare modulelor de nivel 2.

Nivelul 2 cuprinde module necesare proiectării regimului tehnologic de exploatare a sondelor prin erupție naturală. Conform tabelului 1, la acest nivel, pentru proiectarea parametrilor caracteristici erupției naturale, în programul elaborat se folosește modulul GRIGORE. Datele inițiale necesare acestui program sînt furnizate în modulul DATAGRIG.

Modulul GRIGORE este folosit pentru construirea curbei de variație a presiunii de-a lungul coloanei țevilor de extracție și are la bază metoda V. Grigore de estimare a gradientului de presiune [1]. Alegerea acestei metode a fost făcută pe considerentul că ea a dat rezultate bune în urma verificărilor la care a fost supusă, fiind valabilă pentru o gamă largă de valori ale parametrilor tehnologici care caracterizează funcționarea sondelor eruptive. În plus, metoda V. Grigore oferă avantajul folosirii unei corelații pentru factorul de frecare bazată pe date caracteristice sondelor din România.

Modulele de nivel 2 trebuie să furnizeze, în principiu, o singură informație: valoarea presiunii la gura sondei de exploatare, valoare care urmează să fie comparată cu presiunea minimă necesară procesului de erupție.

Și acest nivel poate fi îmbogățit cu noi module care să ofere posibilitatea utilizării și a altor teorii pentru construirea curbei de variație a presiunii în lungul coloanei țevilor de extracție, apărute și publicate pînă în prezent.

Nivelul 3 cuprinde module ajutătoare procesului de calcul din cadrul nivelului 1 și nivelului 2. Evident că pe măsura îmbogățirii cu noi module a nivelelor superioare va apărea necesitatea creșterii numărului de module și la nivelul 3. Pînă la etapa actuală însă, așa cum reiese din tabelul 1, la acest nivel sînt înglobate modulele EVAL, UEVA și FEVA.

## III. Descrierea modulelor

*Modulul PP* a fost conceput în ideea exploatării cu ușurință a tuturor modulelor de la diverse nivele, oferind în acest fel multiple posibilități de abordare a diferitelor metode de proiectare, atît a performanțelor zăcămîntului, cît și a parametrilor tehnologici de exploatare în erupție a sondelor.

Așa cum s-a menționat, cel ce utilizează programul are posibilitatea să opteze pentru diferite metode de furnizare modulelor de nivel 2 a informațiilor conținînd parametrii tehnologici de funcționare ai sondelor rezultați din proiectare. În vederea optării pentru una din metode, în programul principal a fost introdusă variabila METODA care poate lua valori de

la 1 la 5, ceea ce corespunde unor variante distincte de lucru.

După stabilirea variației în timp a parametrilor tehnologici de exploatare a sondei (presiunea la șiu, debitul de țiței, rația gaze-țiței și procentul de impurități), conform schemei logice din figura 2, se stabilește un pas inițial de timp cu durata de un an, pentru verificarea posibilității de funcționare în erupție naturală a sondei respective. Pentru fiecare din aceste metode se cheamă modulul EVAL, în vederea stabilirii parametrilor tehnologici de funcționare a sondei la timpul respectiv și apoi se cheamă modulul GRIGORE pentru ridicarea curbei de variație a presiunii în lungul coloanei țevilor de extracție. Verificarea posibilității de funcționare a sondei în erupție naturală se face prin variabila MESAJ, care are valoarea 0 dacă sonda poate funcționa în erupție naturală și valoarea 1, dacă sonda nu mai poate produce în erupție.

În scopul stabilirii cu mai mare precizie a momentului la care sonda încetează să funcționeze în erupție naturală, pentru ultimul an de funcționare în acest sistem se lucrează cu un pas de timp de o lună.

Imprimarea rezultatelor calculului și a parametrilor tehnologici ai sondei la fiecare etapă este asigurată de modulul GRIGORE.

*Modulul DATACOMP* a fost conceput pentru a permite estimarea în timp a parametrilor tehnologici ai sondei pe baza datelor de comportare a zăcămîntului. Modulul înglobează de fapt trei metode de estimare a acestor parametri, în funcție de valoarea variabilei METODA transmisă de modulul PP.

METODA 1 oferă posibilitatea citirii directe a datelor care descriu parametrii tehnologici ai sondei.

METODA 2 oferă posibilitatea calculării parametrilor tehnologici ai sondei în erupție din datele de comportare în exploatare a zăcămîntului.

METODA 3 oferă posibilitatea calculării parametrilor tehnologici de funcționare ai sondei în erupție din datele de comportare în exploatare a zăcămîntului, cu excepția presiunii care este evaluată prin apelarea modulului FRAPA.

*Modulul GASDIS* este conceput pentru proiectarea exploatării zăcămîntului (cu sau fără cupolă primară de gaze) în regimul ieșirii gazelor din soluție.

Trebuie subliniat că acest modul nu furnizează informații privind variația în timp a procentului de impurități. Se precizează totuși că variația procentului de impurități, dată de variabila VIMP (exprimată în fracție zecimală), este furnizată în modulul PP, funcție de valoarea variabilei METODA (4 sau 5). Dacă valoarea variabilei METODA este 4, proiectarea exploatării se face în regimul ieșirii gazelor din soluție și deci variabila VIMP este 0, pentru orice moment. Dacă însă valoarea variabilei METODA este 5, proiectarea exploatării este în regim mixt și atunci variabila VIMP va fi calculată prin apelarea modulului FRAPA.

*Modulul DATAGRIG* a fost elaborat pentru furnizarea datelor necesare modulului GRIGORE. Aceste date, utilizate în calculele de estimare a variației presiunii de-a lungul coloanei țevilor de extracție, sînt transmise pe ansamblu prin intermediul unor blocuri comune de date.

*Modulul GRIGORE* a fost realizat în vederea verificării posibilității de funcționare în erupție naturală a unei sonde în condițiile unor parametri tehnologici dați (presiunea la șiu, debitul de țiței, rația gaze-țiței, procentul de impurități). Pentru a executa această verificare este necesară construirea curbei de variație a presiunii în lungul coloanei țevilor de extracție pentru parametrii dați și estimarea în acest fel a presiunii la gura sondei. Sonda va produce în erupție dacă această presiune estimată la gură este cel puțin egală cu o presiune minimă impusă (fig. 3).

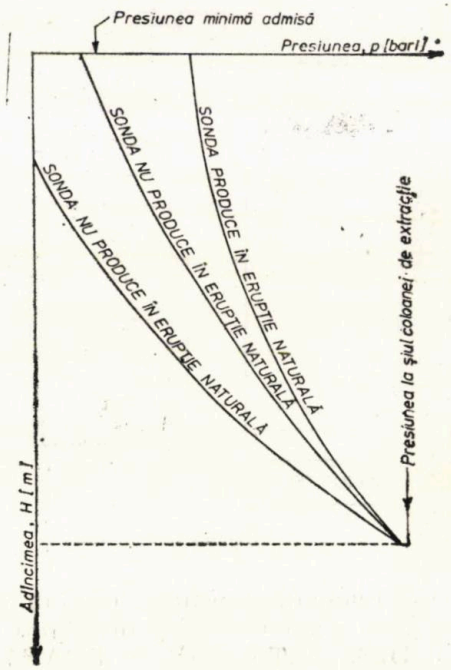



Fig. 3

*Modulul FEVA* folosește pentru calculul factorului de frecare necesar în modulul GRIGORE pentru construirea curbei de variație a presiunii în lungul coloanei țevilor de extracție. Calculul factorului de frecare se face cu corelația stabilită de V. Grigore [1].

*Modulul EVAL* este utilizat pentru interpolare atunci cînd funcția dată este reprezentată de puncte discrete, iar precizia cerută în

calcule nu este prea mare, întrucît între două puncte succesive se admite o variație liniară.

*Modulul UEVA* folosește pentru calculul coeficientului de volum bifazic. Datele necesare privind proprietățile PVT sînt furnizate printr-un bloc comun de memorie cu modulul GRIGORE.

## IV. Stabilirea perioadei de erupție naturală pentru un grup de sonde de pe zăcămîntul T

Modelul elaborat mai sus a fost aplicat pentru stabilirea perioadei eruptive a sondelor 194, 201, 203, 1710, 1711, 1717 și 1718 care exploatează zăcămîntul T.

Caracteristicile de exploatare ale acestor sonde sînt redate în tabelul 2.

Din studiile efectuate [4] rezultă că exploatarea prezentă a zăcămîntului se face prin injecție experimentală de apă, extracontural, urmînd ca acest proces să fie generalizat, folosindu-se și un număr de sonde de injecție intraconturală. Datele din tabelul 2 arată însă că exploatarea sondelor se face la presiuni diferențiale foarte mari, presiunile dinamice fiind mult sub presiunea de saturație, astfel că cel puțin pe o zonă în jurul găurii de sondă exploatarea are loc în regim mixt. Pe de altă parte, chiar prin generalizarea injecției de apă, presiunea medie pe zăcămînt va scădea la circa 100 bari, deci sub presiunea de saturație. Aceasta va avea un dublu efect în sensul că presiunea dinamică va scădea și mai mult, iar regimul mixt de dezlocuire a țițeiului va cuprinde o arie mare. În prezenta lucrare a trebuit deci să se ia în considerare, atît variația presiunii dinamice în timp, cît și a comportării în exploatare pe viitor a zăcămîntului. S-au folosit așadar curbele de comportare a zăcămîntului cu datele din tabelul 2 și diagramele PVT ale sondelor analizate, în vederea stabilirii variației pentru fiecare sondă a parametrilor tehnologici de exploatare (debitul de țiței, rația gaze-țiței și procentul de impurități).

În ceea ce privește variația în timp a presiunii la șiu pentru fiecare sondă, s-a plecat de la datele din tabelul 2 și s-a avut în vedere evoluția viitoare a presiunii pe zăcămînt, ca urmare a aplicării procesului de injecție de apă, precum și distanța la care se află sondele de extracție analizate față de sondele de injecție.

Rezultatele calculelor sînt prezentate în tabelul 3. Trebuie însă subliniat că aceste rezultate pot fi afectate de orice schimbare a regimului tehnologic luat în considerare pentru exploatarea zăcămîntului respectiv.

*Tabelul 2*

**Caracteristicile sondelor analizate de pe zăcămîntul T**

| Parametrul \ Sonda nr. | 194 | 201 | 203 | 1710 | 1711 | 1717 | 1718 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Formațiunea productivă | olig. I | olig. I | olig. I+II | olig. I | olig. I | olig. I | olig. I |
| Intervalul perforat, m | 1966—2114 | 1933—2070 | 1960—2334 | 2075—2240 | 1892—2006 | 2000—2331 | 1890—2060 |
| Grosimea efectivă, m | 85 | 94 | 200 | 128 | 70 | 101 | 90 |
| Porozitatea, % | 14 | 14 | 12—14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Saturația în apă interstițială, % | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Densitatea țițeiului, t/m³ | 0,8488 | 0,8346 | 0,8456 | 0,8400 | 0,8327 | 0,8343 | 0,8544 |
| Diametrul coloanei de exploatare, in | $4\frac{1}{2}-5$ | $5\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{2}$ |
| Diametrul coloanei de țevi (in.) și adîncimea de fixare a șiului, (m) | $2\frac{7}{8}$—1946 | $2\frac{7}{8}$—1913 | $2\frac{7}{8}$—1940 | $2\frac{7}{8}$—2055 | $2\frac{7}{8}$—1872 | $2\frac{7}{8}$—1980 | $2\frac{7}{8}$—1870 |
| Duza (mm)/data | 8/XII1977 | 6/XII1977 | 8/XII1977 | 8/XII1977 | 8/XII1977 | 11/XII1977 | 10/XII1977 |
| Debitul de lichid, m³/24h | 18 | 30 | 20,3 | 16 | 38,4 | 17,1 | 17,8 |
| Debitul de țiței, t/24h | 15,4 | 25,3 | 17,3 | 13,5 | 32,4 | 14,5 | 15,1 |
| Rația gaze-țiței, m³N/m³ | 496 | 93 | 391 | 355 | 115 | 415 | 360 |
| Presiunea statică, bari | 136,9 | 171,8 | 97,5 | 116,6 | 148,1 | ? | 158,4 |
| Presiunea dinamică, bari | 41,2 | 152,8 | 80,5 | 58,6 | 103,1 | 62,4 | 112,4 |

*Tabelul 3*

**Rezultatele calculului de estimare a perioadei eruptive la un grup de sonde de pe zăcămîntul T**

| Sonda nr. | Data aproximativă a terminării perioadei de erupţie naturală | Parametrii tehnologici ai sondei la momentul terminării perioadei de erupţie naturală | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | adîncimea de fixare a coloanei de ţevi, m | presiunea la ţiu, bari | debitul de ţiţei, t/24 h | raţia gaze-ţiţei, $m^3N/m^3$ | impurităţi, % |
| 194 | trim. I. 1981 | 1 946 | 40,9 | 14,0 | 300 | 19,7 |
| 201 | trim. IV. 1992 | 1 913 | 105,8 | 5,3 | 220 | 80,9 |
| 203 | trim. I. 1985 | 1 940 | 67,8 | 9,8 | 290 | 65,0 |
| 1 710 | trim. III. 1981 | 2 055 | 55,0 | 10,9 | 290 | 39,1 |
| 1 711 | trim. I. 1986 | 1 872 | 83,0 | 13,9 | 200 | 30,9 |
| 1 717 | trim. I. 1982 | 1 980 | 59,7 | 10,5 | 279 | 49,2 |
| 1 718 | trim. I. 1986 | 1 870 | 93,7 | 6,4 | 200 | 69,9 |

## Concluzii

**1.** În prezenta lucrare s-a realizat un sistem de calcul pentru estimarea perioadei de erupţie naturală a sondelor. Sistemul realizat este de tip modular, permiţînd folosirea mai multor metode de lucru, în funcţie de dorinţa celui ce-l utilizează.

**2.** S-a făcut o descriere a modulelor elaborate în scopul facilitării înţelegerii programului întocmit şi a posibilităţilor sale de aplicare şi dezvoltare.

**3.** Aplicarea metodologiei elaborate şi a programului de calculator la stabilirea perioadei eruptive a unui grup de sonde de pe zăcămîntul T, în condiţiile caracteristice de exploatare a fiecărei sonde, a arătat că perioada eruptivă diferă mult de la o sondă la alta, ceea ce conduce la concluzia că este de importanţă majoră prevederea cît mai corectă a variaţiei în timp a parametrilor tehnologici la nivelul fiecărei sonde. De asemenea, se impune corelarea istoricului de exploatare cu prevederea exploatării la nivel de sondă, a tuturor parametrilor tehnologici, inclusiv a presiunii dinamice.

**4.** Întrucît sondele analizate, la încetarea din erupţie naturală, prezintă raţii gaze-ţiţei relativ mari, se propune elaborarea proiectului de trecere în erupţie artificială a acestor sonde. Estimarea perioadei eruptive la nivel de sondă permite etapizarea mai corectă a proiectelor şi a programelor tehnologice de schimbare a sistemului de extracţie.

### Bibliografie


[1] Grigore, V. *Cercetări privind optimizarea regimului tehnologic de extracţie a ţiţeiului prin erupţie artificială.* Teză de doctorat, I.P.G. Ploieşti, 1977.

[2] Grigore, V. ş. a. *Metodologie orientativă şi program de calculator pentru determinarea perioadei de erupţie naturală a sondelor pe baza evoluţiei presiunii de zăcămînt şi a caracteristicilor echipamentului din sondă.* Arhiva I.P.G. Ploieşti.

[3] Popa, C. *Programarea în FORTRAN şi metode numerice cu aplicaţii în foraj-extracţie.* I.P.G. Ploieşti, 1978.

[4] Tocan, I. *Metodă de estimare a parametrilor regimului de lucru la sonde în erupţie naturală, în cazul funcţionării combinate a sistemului strat-sondă.* Buletinul I.P.G., vol. XVIII, Bucureşti, 1972.

[5] Tocan I. *Estimarea parametrilor regimului de lucru la sondele în erupţie artificială continuă, luînd în considerare sistemul strat productiv—sondă de extracţie — conductă de amestec.* Buletinul I.P.G., vol. 2 (XXII), Ploieşti 1975.

[6] * * * *Punerea în valoare şi îmbunătăţirea exploatării zăcămintelor de ţiţei, evidenţierea de zone noi productive pe structurile cunoscute, săparea de sonde de îndesire.* Arhiva I.C.P.P.G. Cîmpina.


# Analiza unor metode de calcul a ascensiunii fluidelor prin coloana ţevilor de extracţie în vederea optimizării exploatării sondelor de pe structura D*)


Ing. **D. Badea**
Schela de extracţie Boldeşti
conf. dr. ing. **C. Gh. Popa**, conf. dr. ing. **C. Popescu**, şef lucr. dr. ing. **V. Grigore**
I.P.G. Ploieşti


## Introducere

Determinarea, pe cale teoretică, a variaţiei presiunii în lungul coloanei ţevilor de extracţie, pentru anumite condiţii tehnologice de exploatare a sondei, are o importanţă practică deosebită întrucît:

— permite alegerea diametrului optim al ţevilor de extracţie la sondele care produc în erupţie naturală, astfel ca perioada eruptivă să fie maximă;

— permite estimarea adîncimii punctului de injecţie a gazelor în coloana de extracţie, adîncimii de fixare a supapelor de pornire, raţiei optime gaze-lichid la sondele care sînt exploatate prin erupţie artificială.

În vederea determinării acestei curbe de variaţie a presiunii în lungul coloanei ţevilor de extracţie, s-au elaborat mai multe teorii [1; 2].

În prezenta lucrare s-au luat în considerare două metode de calcul a ascensiunii fluidelor

*) Lucrarea a fost prezentată la sesiunea ştiinţifică a cadrelor didactice şi studenţilor de la facultăţile Forajul sondelor şi Exportarea zăcămintelor de petrol şi gaze a Institutului de petrol şi gaze Ploieşti, noiembrie 1981.

în coloane de țevi verticale și anume metoda lui V. Grigore [3] și metoda lui H. Beggs și J. Brill [4]. Prima a fost selectată în vederea verificării posibilităților ei și pentru condițiile oferite de sondele de pe structura D, avînd în vedere bunele rezultate obținute prin aplicarea acesteia pe alte zone productive [5]. Cea de-a doua, avînd în vedere că a fost elaborată în scopul studiului ascensiunii în coloane de țevi înclinate, a fost selectată în vederea testării posibilităților aplicării acestei metode în cazul limită al coloanelor verticale și pentru condițiile din țara noastră. Ambele metode au fost comparate cu datele reale obținute prin măsurătorile efectuate în sondele de pe structura D. Rezultatele au pus în evidență, atît posibilitățile de utilizare a metodei lui V. Grigore, cît și valabilitatea metodei lui H. Beggs și J. Brill, chiar în cazul limită al coloanelor de țevi verticale. De asemenea, analiza efectuată asupra unui grup de sonde de pe structura D, care produc în erupție artificială, a condus la o serie de propuneri pentru optimizarea exploatării acestor sonde.

## Prezentarea metodelor de calcul

Plecînd de la metoda lui H. Poettmann și P. Carpenter [6], V. Grigore [4] a făcut un pas înainte în ceea ce privește corelația factorului de frecare. Astfel, bazîndu-se pe un număr foarte mare de date provenite din măsurători efectuate la sondele din țara noastră, care produceau în erupție naturală și artificială, V. Grigore a stabilit o nouă corelație pentru factorul de frecare prin :

— folosirea rației gaze-lichid ca un parametru adițional de corelare ;

— extinderea domeniului de corelare inclusiv la debite mici și rații gaze-lichid mari.

Noua corelație a fost stabilită între factorul de frecare de tip Fanning și numărătorul numărului Reynolds, relativ la amestec, și dezvoltată pentru șase game de rații gaze-lichid distincte. Unele aplicații [5] au scos deja în evidență superioritatea acestor corelări care conduc la obținerea unor gradienți de presiune în lungul coloanei țevilor de extracție, mai apropiați de cei determinați prin măsurători directe.

Metoda propusă de H. Beggs și J. Brill a fost construită în special pentru cazul curgerii fluidelor multifazice în coloane de țevi înclinate. Principiul metodei este identic cu cel al altor metode în sensul că se urmărește estimarea gradientului de presiune pe baza căruia se va construi distribuția de presiune în lungul coloanelor de extracție. Deosebirea constă în folosirea a două corelații : una pentru estimarea factorului de frecare bifazic și alta pentru estimarea fracției de lichid. Metoda mai ia în considerare, în afară de unghiul de înclinare al coloanei de țevi, tensiunea superficială, rugozitatea țevilor, viscozitatea dinamică a fluidelor, fiind, din acest punct de vedere, una din cele mai complete teorii. Nu trebuie uitat însă că, odată cu utilizarea mai multor parametri, în calcul apare posibilitatea introducerii a noi surse de eroare. În acest sens este interesant de studiat cum se comportă teoria mai completă a lui H. Beggs și J. Brill la limită, pentru cazul țevilor verticale, în comparație cu teoria mai simplă elaborată de V. Grigore.

## Prezentarea datelor și rezultatelor analizei

Cele două metode au fost aplicate unei serii de sonde de pe zăcămîntul meoțian aparținînd structurii D, la două etape din exploatarea zăcămîntului : o etapă la care sondele produceau în erupție naturală și o alta la care sondele produceau în erupție artificială. Pentru aceasta din urmă s-a făcut și o analiză, în scopul optimizării exploatării. Datele de producție și măsurătorile efectuate în sonde, corespunzător etapei la care sondele produceau în erupție naturală, sînt redate în tabelul 1. În tabelul 2 sînt cuprinse datele de producție pentru un grup de sonde care produceau în erupție artificială, corespunzător etapei a doua de exploatare.

*Tabelul 1*

**Măsurători de presiune și temperatură efectuate la data la care sondele produceau în erupție naturală**

| Sonda nr. | Debitul de țiței produs, $m^3/24$ h | Debitul de gaze produse, $m^3N/24$ h | Debitul de apă produsă, $m^3/24$ h | Adîncimea la care s-a efectuat măsurătoarea, m | Presiunea măsurată, bari | Temperatura măsurată, °C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 204 | 15,5 | 1 000 | 4,0 | 0 | 26 | 15 |
| | | | | 500 | 39,79 | 27 |
| | | | | 1 200 | 83,87 | 43 |
| | | | | 1 817 | 134,58 | 57 |
| 213 | 15,5 | 1 500 | 3,2 | 0 | 26,96 | 15 |
| | | | | 500 | 46,65 | 27 |
| | | | | 1 000 | 73,39 | 39 |
| | | | | 1 500 | 102,8 | 51 |
| | | | | 1 808 | 124,61 | 56,5 |
| 238 | 17,0 | 3 000 | 5,0 | 0 | 38 | 15 |
| | | | | 500 | 54,02 | 27 |
| | | | | 1 000 | 73,76 | 39 |
| | | | | 1 500 | 97,64 | 51 |
| | | | | 1 730 | 111,39 | 57 |
| 239 | 14,0 | 1 055 | 3,0 | 0 | 16,37 | 15 |
| | | | | 500 | 34,03 | 27 |
| | | | | 1 000 | 62,94 | 39 |
| | | | | 1 500 | 98,49 | 50,5 |
| | | | | 1 791 | 121,23 | 57 |
| 280 | 16,7 | 4 500 | 16,6 | 0 | 66,07 | 15 |
| | | | | 400 | 68,11 | 25 |
| | | | | 800 | 79,34 | 34,5 |
| | | | | 1 200 | 98,21 | 44 |
| | | | | 1 545 | 124,93 | 52 |
| 313 | 19,7 | 3 500 | 5,0 | 0 | 27,5 | 15 |
| | | | | 600 | 41,77 | 25 |
| | | | | 1 200 | 62,68 | 44 |
| | | | | 1 570 | 85,23 | 52,5 |

*Tabelul 2*

**Datele de producţie la data cînd sondele produceau în erupţie artificială**

| Sonda nr. | Debitul de ţiţei, m³/24 h | Debitul de gaze m³N/24h | Debitul de apă, m³/24h | Raţia gaze-lichid, m³N/m³ |
|---|---|---|---|---|
| 257 | 41,6 | 15 850 | 15 | 280 |
| 309 | 27,2 | 9 150 | 6 | 275 |
| 313 | 17,7 | 9 800 | 3,5 | 463 |
| 327 | 33,5 | 11 400 | 4 | 304 |
| 342 | 30,1 | 10 000 | 10 | 250 |
| 368 | 19,7 | 10 600 | 27 | 227 |
| 370 | 27,7 | 13 000 | 8 | 364 |
| 382 | 33 | 12 300 | 8,5 | 296 |
| 213 | 18,2 | 11 990 | 11,3 | 406 |
| 238 | 17,5 | 11 000 | 15 | 338 |

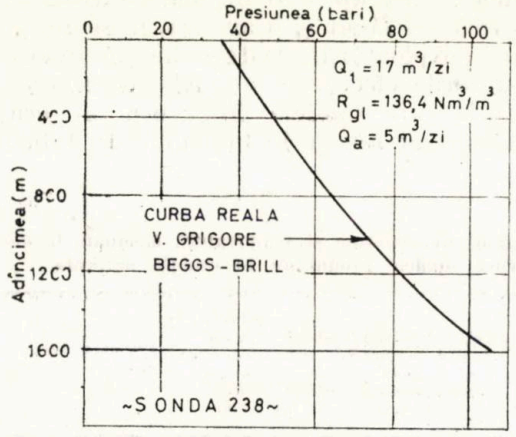



Fig. 1

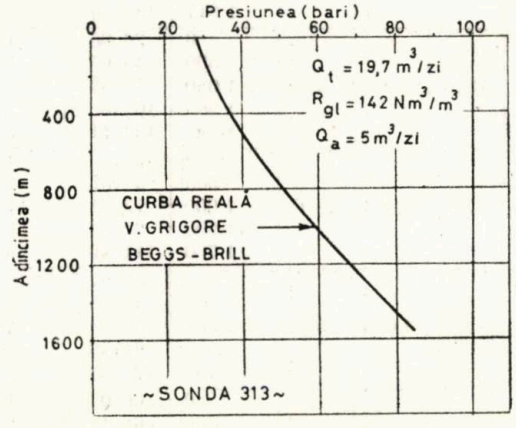



Fig. 2

Utilizarea celor două metode pentru determinarea variaţiei presiunii în lungul ţevilor de extracţie pentru sondele 238 şi 313 a dat rezultate excelente, aşa cum reiese dealtfel din figurile 1 şi 2. Rezultate satisfăcătoare au fost obţinute şi pentru sondele 204 şi 213 (fig. 3 şi 4) abaterile curbelor estimate faţă de cea reală, rezultată din măsurători, înscriindu-se în limi-

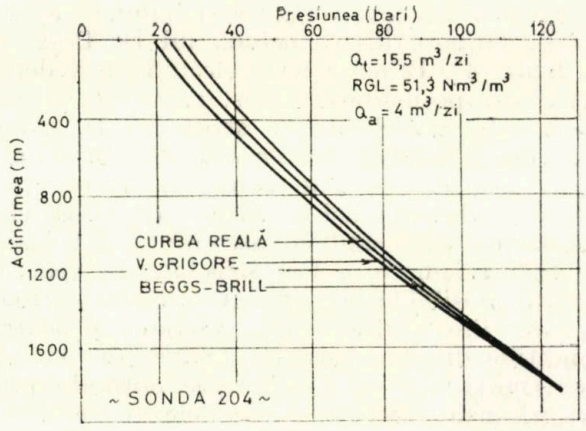



Fig. 3

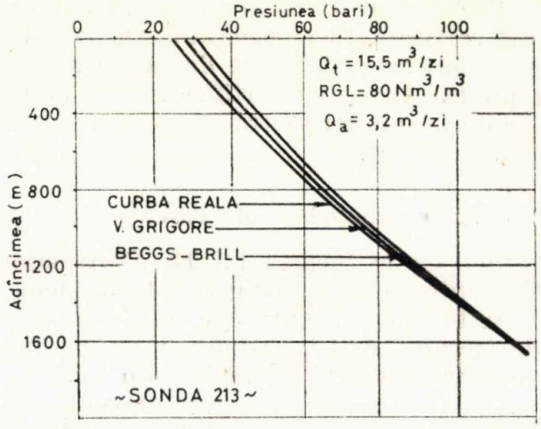



Fig. 4

tele admisibile. Dealtfel, aşa cum rezultă din tabelul 3, abaterile presiunilor la gura sondei, estimate prin fiecare din cele două metode,

*Tabelul 3*

**Rezultatele comparative obţinute cu cele două metode: VG — metoda lui V. Grigore şi BB — metoda lui H. Beggs şi J. Brill**

| Sistemul de extracţie | Sonda nr. | Presiunea măsurată la gura sondei, bari | Metoda VG: presiunea estimată la gura sondei, bari | Metoda VG: diferenţa de presiune, bari | Metoda BB: presiunea estimată la gura sondei, bari | Metoda BB: diferenţa de presiune, bari | Metoda cu rezultate mai bune |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Erupţie naturală | 204 | 26,00 | 20,67 | —5,33 | 27,29 | 1,29 | BB |
| | 213 | 26,96 | 28,91 | 1,95 | 33,83 | 6,87 | VG |
| | 238 | 38,00 | 37,46 | —0,54 | 36,99 | —1,01 | VG |
| | 239 | 16,37 | 25,91 | 9,54 | 28,00 | 11,63 | VG |
| | 280 | 66,00 | 51,86 | —14,14 | 44,87 | —21,13 | VG |
| | 313 | 27,50 | 27,89 | 0,39 | 27,27 | —0,27 | BB |
| Erupţie artificială | 257 | 13,5 | 15,5 | 2,00 | 11,46 | —2,04 | VG |
| | 309 | 10,0 | 14,69 | 4,69 | 14,10 | 4,10 | BB |
| | 313 | 18,0 | 20,92 | 2,92 | 18,58 | 0,58 | BB |
| | 327 | 6,0 | 10,82 | 4,82 | 12,65 | 6,65 | VG |
| | 312 | 6,0 | 11,83 | 5,83 | 11,14 | 5,14 | BB |
| | 368 | 10,0 | 14,66 | 4,66 | 7,96 | —2,04 | BB |
| | 370 | 14,0 | 13,19 | —0,81 | 13,14 | —0,86 | VG |
| | 382 | 5,0 | 0 | —5,0 | 1,72 | —3,28 | BB |

față de cele rezultate din măsurători, au condus la rezultate în bună concordanță. Deși apropierea față de valoarea reală apare mai mare pentru una din metode, așa cum rezultă din acest tabel, este totuși de remarcat că valorile absolute ale abaterilor sînt, practic, de același ordin de mărime. În plus, deși din acest tabel reiese că la sonda 204, metoda lui H. Beggs și J. Brill conduce la rezultate mai bune, o analiză mai detaliată, efectuată cu ajutorul rezultatelor obținute din figura 3, scoate în evidență faptul că totuși metoda lui V. Grigore a condus, pe ansamblu, la o estimare mai realistă.

*Tabelul 4*

**Rezultatele obținute prin aplicarea metodelor V. Grigore și H. Beggs și J. Brill în comparație cu datele reale pentru optimizarea erupției artificiale** ($H_{inj}$ — adîncimea de injecție; $P_{inj}$ — presiunea de injecție la $H_{inj}$; $R_{inj}$ — rația gaze-lichid; *m* — măsurat; *op* — optim)

| Sonda nr. | Măsurători a data analizei | | | Rezultate după metoda V. Grigore | | | Rezultate după metoda Beggs-Brill | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $H_{inj}$, m | $P_{inj}$, bari | $R_{inj.m}$, m³N/m³ | $H_{inj}$, m | $P_{inj}$, bari | $R_{inj.op}$, m³N/m³ | $H_{inj}$, m | $P_{inj}$, bari | $R_{inj.op.}$, m³N/m³ |
| 204 | 1 279 | 43 | 129 | 1 165 | 42 | 70 | 1 190 | 43 | 70 |
| 213 | 1 300 | 39 | 181 | 885 | 22 | 154 | 863 | 22 | 123 |
| 238 | 1 643 | 30 | 181 | 1 304 | 29 | 107 | 1 370 | 29 | 162 |
| 239 | 1 357 | 40 | 119 | 1 116 | 34 | 133 | 1 021 | 28 | 89 |
| 257 | 1 300 | 38 | 210 | 1 055 | 33 | 143 | 1 020 | 30 | 143 |
| 280 | 1 500 | 39 | 161 | 1 234 | 31 | 132 | 1 421 | 38 | 105 |
| 309 | 1 280 | 35 | 200 | 1 157 | 34 | 123 | 1 115 | 33 | 141 |
| 313 | 1 326 | 39 | 368 | 1 080 | 34 | 224 | 925 | 33 | 242 |
| 327 | 1 268 | 32 | 232 | 1 023 | 27 | 223 | 984 | 26 | 189 |
| 382 | 1 667 | 25 | 336 | 1 622 | 31 | 278 | 1 638 | 31 | 278 |

Cu atît mai demne de subliniat apar astfel rezultatele redate în tabelul 4, relevînd reale posibilități de optimizare a procesului de exploatare prin erupție artificială a sondelor analizate. După cum rezultă de aici ambele metode au pus în evidență faptul că, la data analizei, rația de injecție practicată era, în general, mai mare decît cea optimă. Concluzia apare cu atît mai pregnantă cu cît valorile pentru rația optimă de injecție, determinată prin fiecare din cele două metode, sînt, în majoritatea cazurilor, mai apropiate între ele decît la valoarea rației gaze-lichid, utilizată la data analizei pe fiecare sondă.

Pe baza rezultatelor obținute, merită astfel subliniată valabilitatea metodei lui H. Beggs și J. Brill, chiar în cazul sondelor verticale. De asemenea, metoda lui V. Grigore s-a dovedit o metodă eficientă, cu atît mai mult cu cît, deși mai simplă, a condus la rezultate comparabile sau superioare metodei lui H. Beggs și J. Brill.

## Concluzii

În această lucrare a fost efectuată o testare a metodelor elaborate de V. Grigore și H. Beggs-J. Brill pentru ascensiunea fluidelor prin coloana țevilor de extracție în cazul sondelor care exploatează meoțianul de pe structura D. Ambele metode au dat rezultate în bună concordanță cu realitatea. Metoda lui H. Beggs și J. Brill și-a dovedit astfel valabilitatea și pentru cazul limită al coloanelor de extracție verticale. Rezultatele au scos în evidență, încă odată, capacitatea metodei lui V. Grigore de estimare a variației presiunii în lungul coloanelor de extracție, atît în cazul erupției naturale, cît și cel al erupției artificiale. Metoda lui V. Grigore, deși mai simplă, s-a dovedit comparabilă cu metoda lui H. Beggs și J. Brill, din punctul de vedere al rezultatelor.

Analiza efectuată asupra unui grup de sonde de pe structura D, care produceau în erupție artificială, a arătat posibilitatea optimizării procesului de exploatare printr-o mai bună dimensionare a adîncimii punctului de injecție, presiunii și rației de injecție.

### Bibliografie


[1] Badea, D. *Analiza critică a exploatării zăcămîntului meoțian de pe structura D prin erupție artificială cu supape de pornire și de lucru.* Proiect de diplomă, Institutul de petrol și gaze, Ploiești, 1981

[2] Popescu, C. *Extracția țițeiului prin erupție artificială.* Ed. tehnică, București, 1977

[3] Grigore, V. *Cercetări privind optimizarea regimului de extracție a țițeiului prin erupție artificială.* Teză de doctorat, I.P.G. Ploiești, 1977.

[4] Beggs, H. D., Brill, J. P. *A Study of Two-Phase Flow in Inclined Pipes.* J. of Petroleum Technology, may 1973, p. 607

[5] Sitaru, D. *Studiu comparativ al metodelor de ascensiune a fluidelor multifazice prin țevi verticale cu exemplificare pentru condițiile sondelor care produc în erupție naturală în cadrul schelei* T. Proiect de diplomă, I.P.G. Ploiești, 1980

[6] Poettmann, F. H., Carpenter, P. G. *The Multiphase Flow of Gas, Oil and Water through Vertical Flow Strings with Application to the Design of Gas – Lift Instalations.* Drilling and Production Practice, 1952, p. 257

# INFORMAŢII

## Realizări şi perspective ale gazeificării subterane a cărbunelui în Franţa

Ing. **I. Focşa**
ing. **I. Pocomnicu**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

Studierea posibilităţilor de exploatare prin gazeificare subterană a unor rezerve de cărbune, care prin metode clasice nu se pot exploata, constituie în Franţa o preocupare deosebită, pe linie de cercetare.

Pentru a rezolva această problemă, patru mari instituţii de specialitate: Biroul de cercetări geologice şi miniere, Charbonnage de France, Gaz de France şi Institutul francez al petrolului, au alcătuit Grupul de studii pentru gazeificarea subterană (G.E.G.S.).

Obiectul grupului de studii îl constituie, în principal, gazeificarea stratelor de cărbune cu grosimi de peste 2 m, situate la adîncimi mai mari de 800 m, urmărindu-se, în final, obţinerea metanului.

Dacă s-ar concretiza speranţele legate de gazeificarea subterană a cărbunelui situat la mare adîncime, la rezervele modeste de circa 500 mil. tone ale Franţei, exploatabile prin metode clasice, s-ar adăuga 2 mlrd. tone cărbune ce se vor putea valorifica prin gazeificarea subterană.

în final, a procesului de gazeificare în contracurent (fig. 2) sau echicurent (fig. 3), funcţie de condiţiile de zăcămînt.

Trecerea la materializarea proiectelor a fost precedată de studii economice şi de fezabilitate, care au constat în evaluarea costului şi a energiei produse comparativ cu costul şi energia consumată pentru gazeificarea cărbunelui în diverse condiţii de zăcămînt.

Din studiile elaborate de specialiştii de la G.E.G.S. rezultă că pentru rentabilitatea exploatării prin gazeificare subterană a unor rezerve de cărbune, este necesar ca forajele să fie situate la o distanţă minimă de 60 m, iar gradul de recuperare a rezervei să fie de 70%.

În paralel cu studiile teoretice şi de laborator, au fost programate experimente în teren.

Experimentul Bruay en Artois a fost propus pentru verificarea posibilităţilor de realizare a canalelor de legătură între foraje cu ajutorul presiunii hidraulice.

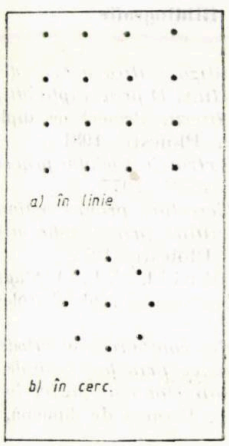



Fig. 1

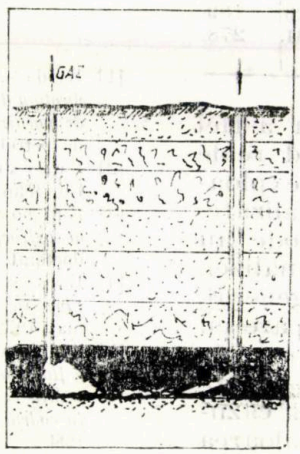



Fig. 2

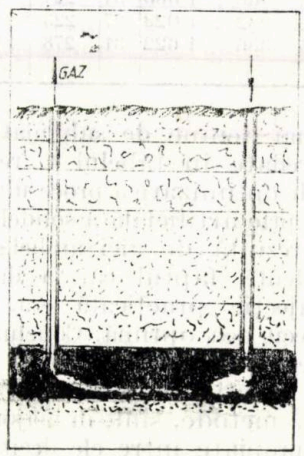



Fig. 3

Ţinînd cont de componentele gazoase care rezultă, precum şi de complexitatea proceselor de prelucrare a produselor gazeificării, în urma unor ample studii şi lucrări de laborator efectuate s-a ajuns la concluzia că cel mai favorabil agent de gazeificare este oxigenul.

Amplasarea forajelor în zonele propuse pentru gazeificare se va realiza în linie (fig. 1 *a*), cerc (fig. 1 *b*) sau combinată pe întreg perimetrul.

Tehnologia de gazeificare propusă constă din executarea forajelor de injecţie şi producţie (cuplu de foraje), crearea succesivă a canalelor de legătură între foraje şi realizarea.

Injecţia hidraulică a fost efectuată timp de mai multe luni, utilizîndu-se o instalaţie de pompare de înaltă presiune pentru operaţii petroliere.

S-a reuşit fracturarea stratului de cărbune şi crearea legăturii între două foraje obţinîndu-se, în final, pentru un debit de 1 200 l/h introdus în primul foraj, un debit receptiv de 200 l/h în al doilea foraj (distanţa între foraje fiind de 65 m, stratul avînd grosimea de circa 2 m).

Menţinerea canalelor realizate prin fracturare a fost posibilă în continuare prin incorporarea în agent a nisipului cuarţos.

Experimentul de la Faulquemont (Moselle) prevede executarea a trei foraje într-un zăcămînt situat la 1 300 m cu grosimea de 4,3 m şi extinderea cercetărilor începute în experi-

n tul precedent (formarea canalelor, aprinderea și arderea stratului).

Experimentul de la L'Echaux (Loire) va fi efectuat demonstrativ într-un strat de cărbune situat la mică adîncime (30 m) și are drept scop realizarea unei electro-carbonizări, creșterea porozității cărbunelui prin tratare chimică și testarea de aprinzători chimici.

Pornind de la succesul și greutățile înregistrate la Bruay en Artois, specialiștii francezi afirmă că dificultățile de punere în aplicare a gazeificării subterane a cărbunelui situat la mare adîncime sînt numeroase, atît din punct de vedere tehnic, cît și economic.

Din punct de vedere tehnic, din cercetările și experimentările programate se vor elucida : criteriile de alegere a zonelor de gazeificare ; eficiența arderii în contracurent și echicurent ; menținerea unei compoziții favorabile a gazului ; dirijarea frontului de ardere și evoluția fenomenelor de surpare ce se vor produce în urma creșterii cantității de cărbune gazeificat.

Din punct de vedere economic costul gazului produs va depinde de calitatea sa, de cantitatea de cărbune exploatabil și de distanța între foraje.

### Concluzii

În problema gazeificării subterane a cărbunelui, specialiștii G.E.G.S. din Franța au obținut un prim succes prin realizarea canalelor de legătură între două foraje prin fracturarea hidraulică a stratului.

Programul de cercetare cuprinde extinderea studiilor de fundamentare a metodei și intensificare a experimentărilor în teren pentru realizarea și definitivarea procesului de gazeificare subterană a cărbunelui.

O atenție deosebită va fi acordată eficienței economice a metodei, care este direct influențată de densitatea forajelor.

Efortul financiar prevăzut de G.E.G.S. pentru dezvoltarea cercetărilor fundamentale și a experimentărilor este de 155 mil franci pe o perioadă de 6 ani.

### Bibliografie


[1] Gruhier, F. *Dacă experiențele sînt concludente, Franța va fabrica în viitorul apropiat „gaz natural" din minele subterane de huilă oprite.* Science & Avenir, mai 1979.

[2] * * * *Progrese privind gazeificarea cărbunelui.* Nouvelles de France, nr. 76, iunie 1980, p. 2.

[3] * * * *Gazeificarea cărbunelui la mare adîncime.* Gaz d'Aujourd'hui France, nr. 7—8, iul.-aug. 1980, p. 274—275.

[4] Donat, G., Rafmaux, J. F. *Perspective ale gazeificării subterane a cărbunelui la mare adîncime în Franța.* Annales des mines, mai—iunie, 1981, p. 133.


# Teză de doctorat

La Institutul de Mine din Petroșani s-a susținut teza de doctorat **Deplasarea rocilor sub influența exploatării subterane la unele zăcăminte metalifere din R. S. România** elaborată de ing CSOG ALEXANDRU, șef proiect coordonator la I.C.I.T.P.L.C.I.M. Deva.

Lucrarea a fost elaborată sub conducerea științifică a prof. dr. doc. ing. Ștefan Covaci, comisia de doctorat fiind alcătuită din prof. dr. ing. Nicolae Dima — președinte, prof. dr. doc. ing. Ștefan Covaci, conf. dr. ing. Vasile Popa, conf. dr. ing. Cornel Hirian și dr. ing. Alexandru Guțu.

În prezent, datorită creșterii considerabile a adîncimilor de exploatare, volumul rezervelor de minereu imobilizate în pilierii de siguranță se află în continuă creștere, ceea ce impune o reconsiderare a modului de dimensionare a acestora.

Tot datorită avansării în adîncime a exploatăriilor, terenurile afectate de influența exploatării subterane se extind de la an la an, periclitînd construcțiile existente în incintele miniere de suprafață.

Cunoașterea insuficientă a problemelor legate de deplasarea rocilor a condus, pe de o parte, la supradimensionarea nejustificată a pilierilor de siguranță, iar pe de altă parte, la distrugerea numeroaselor construcții industriale, locuințe muncitorești și clădiri social-culturale, cauzînd importante pagube.

În scopul preîntîmpinării unor pagube de acest gen, autorul tezei a încercat să-și aducă contribuția la stabilirea legității deplasării rocilor sub influența exploatării subterane.

În cap. I și II ale tezei se face o trecere în revistă a stadiului de cunoaștere a problemei pe plan mondial și, în baza ării unei literaturi bogate, sînt prezentate rezultatele cercetărilor efectuate în diferite țări.

După descrierea zăcămintelor studiate și a proprietății fizico-mecanice ale rocilor, în cap. III, ca urmare a unor măsurători topografice îndelungate, sînt prezentate valorile unghiurilor limite, ale unghiurilor de deplasare și de rupere, precum și deformațiile-deplasările suferite de roci, în funcție de adîncimea de exploatare și a durității rocilor.

În cap. IV se dă o interpretare matematică a fenomenului și sînt stabilite relații de calcul pentru determinarea unghiurilor de deplasare a rocilor și pentru calculul extinderii pe orizontală și verticală a albiei de scufundare, prin diferite nivele de exploatare.

Relațiile de calcul stabilite vor servi la dimensionarea corectă a pilierilor de siguranță, precum și la calcule de prognoză privind mărimea deformării și deplasării rocilor, cu ajutorul cărora se va putea decide asupra soluției de consolidare sau de mutare a construcțiilor aflate în zona de influență.

În cap. V sînt stabilite relațiile de calcul pentru fundamentarea oportunității aplicării metodelor de exploatare cu surparea rocilor înconjurătoare, sau la justificarea necesității rambleierii spațiului exploatat.

Aceste relații de calcul mai servesc și pentru fundamentarea modului de protejare a integrității obiectivelor de la suprafață prin :

- lăsarea pilierilor de siguranță ;
- măsuri tehnice miniere ;
- măsuri speciale de ordin constructiv.

Ordinea de analiză a factorilor de influență și a calculelor economice comparative, necesare pentru alegerea metodei de exploatare cu surparea rocilor înconjurătoare — prezentată în acest capitol — sistematizează și facilitează stabilirea unor soluții optime de exploatare.

Relațiile de calcul și factorii de influență, fiind de concepție proprie a autorului, au apărut ca o necesitate odată cu extinderea în adîncime a exploatării zăcămintelor din țară și ca urmare a inexistenței unor astfel de date în literatura de specialitate.

În cap. VI sînt prezentate principiile de dimensionare a pilierilor de siguranță în țări ca : U.R.S.S., R.D.G., R.P.U. și R.P.P., în vederea reducerii la minim a cantităților de minereu imobilizate în pilieri.

În ultimul capitol autorul sintetizează concluziile principale care rezultă din lucrare, insistînd, în mod deosebit, asupra necesității aplicării calculelor matematice pentru fundamentarea metodelor de exploatare și protejare a construcțiilor de la suprafață și în subteran.

Teza de doctorat, în baza elementelor prezentate în cuprinsul său, are o valoare științifică, tehnică și economică pentru industria noastră extractivă și își găsește materializarea la unele zăcăminte de minereu existente sau aflate în curs de proiectare.

Ing. **Florea Vasile**

# Ing. CORINDA VOICU

La 10 aprilie 1982 s-a stins din viață, după o suferință scurtă, inginerul minier CORINDA VOICU, în vîrstă de 57 ani.

Născut la 25 iulie 1925, în comuna Tărățel jud. Hunedoara, provenit dintr-o familie muncitorească, după absolvirea școlii elementare și a liceului „Avram Iancu" din Brad, a urmat și terminat, în anul 1946, Institutul de subingineri din Gurabarza, după care a lucrat la Societatea „MICA" din Tîrnăveni și la Uzina de preparare din Gurabarza.

În anul 1952 a absolvit Institutul de minereuri din Brad, lucrînd ca șef de obiectiv în orașul Dr. P. Groza și Oravița pînă în anul 1960. În ultimii 22 ani și-a desfășurat activitatea la I.M. Barza, îndeplinind diferite funcții, de la inginer principal la inginer șef al întreprinderii.

Munca plină de pasiune, dăruire pentru meseria aleasă, i-au adus numeroase recunoașteri din partea organelor de partid și de stat, fiind distins cu Ordinul Muncii cl. a II-a și titlul de „director minier".

În întreaga sa activitate a căutat să se apropie de oamenii cu care colabora, preocupîndu-se de problemele colectivului, a întreprinderii, bucurîndu-se astfel de încrederea și stima tuturor.

Prin stingerea din viață a inginerului Corinda Voicu, mineritul pierde un specialist în plină putere de muncă, iar colegii pierd un prieten devotat și un colaborator apropiat.

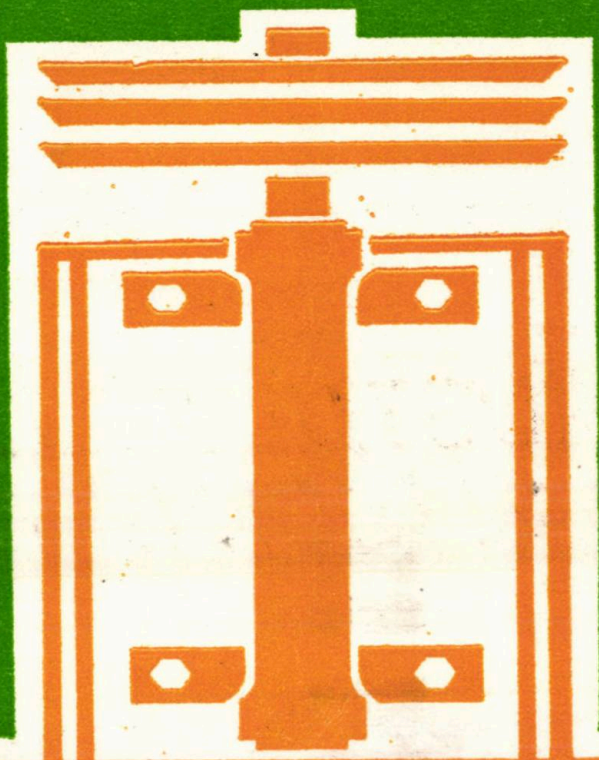
*CONSILIUL OAMENILOR MUNCII*
*DE LA I.M. BARZA*

MINISTERUL MINELOR
CENTRALA MINEREURILOR DEVA

# UZINA DE UTILAJ MINIER ŞI REPARAŢII CRIŞCIOR

UUMR CRIŞCIOR

Str. UZINEI nr. 1
Jud. HUNEDOARA
Tel. 283; 294.

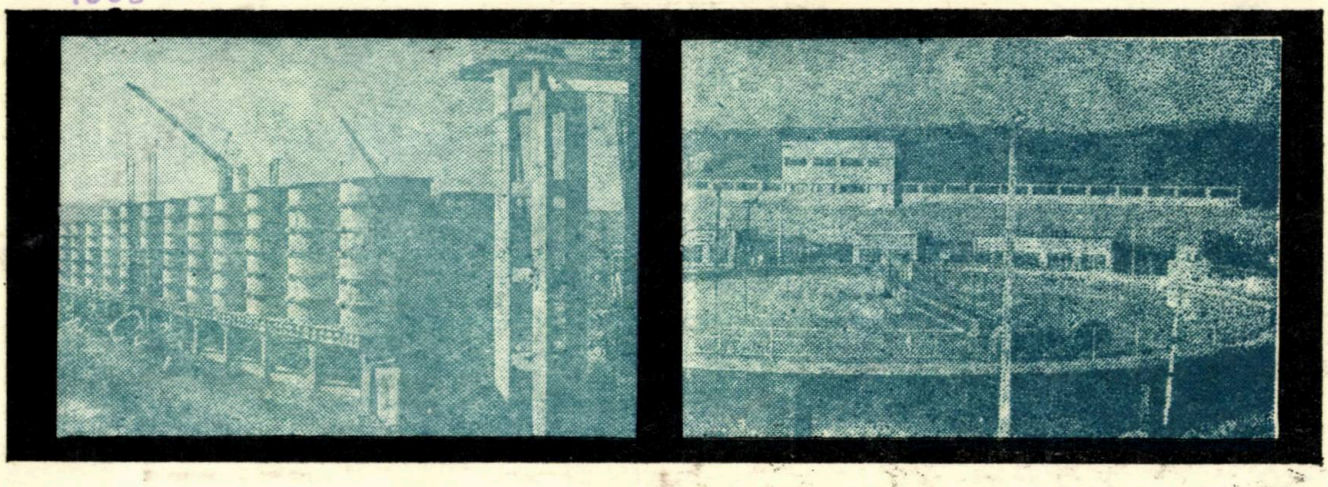


## execută:

- Dispozitiv pentru încărcarea mecanizată a amestecurilor simple explozive.
- Extractoare electromagnetice de bandă, comandate cu sesizor electronic de metal, pentru benzi de: 650; 800; 1000; 1200; 1600 mm.
- Întreaga gamă de vagoneţi pentru transportul materialelor şi al persoanelor în subteran.
- Instalaţii de semnalizare şi blocare la transportul pe puţuri verticale.
- Instalaţii de protecţie modernizate pentru staţiile de compresoare de 15; 30 şi 45 m³
- Vagon de cale ferată îngustă de 10 m³, ecartament 760 mm şi utilaje de cale, frîne pneumatice, schimbătoare de cale.
- Maşini de flotaţie mecanice şi pneumomecanice de mare capacitate.
- Mese de concentrare a minereurilor.
- Mese de amalgamare, îngroşătoare clasoare.
- Separator electromagnetic cu cîmp puternic în mediu umed.
- Piese de schimb pentru utilaje miniere de preparare a minereurilor.
- Diverse confecţii metalice.
- Turnarea de piese din fontă cu o greutate pînă la 1 tonă

**EXECUTA piese de schimb şi reparaţii la instalaţiile şi utilajele pe care le produce.**

1982 AUG 2 5

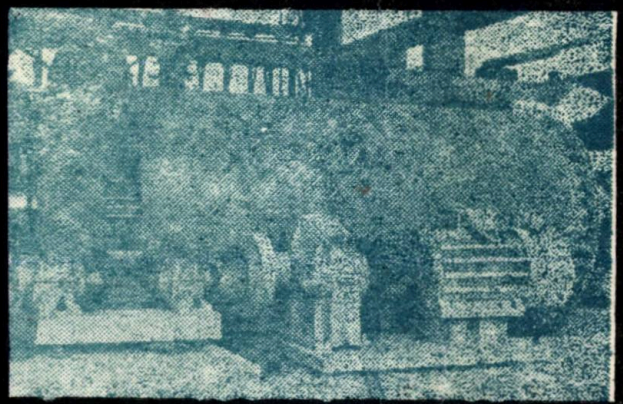


MINISTERUL MINELOR

# TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE MINIERE

EXECUTA PENTRU INDUSTRIA MINIERA LUCRARI " LA CHEIE ": UZINE DE PREPARARE A MINEREURILOR NEFEROASE SI NEMETALIFERE ; UZINE PENTRU SPALAREA SI BRICHETAREA CARBUNILOR ;MONTAJE DE INSTALATII COMPLEXE DE EXCAVARE , TRANSPORT SI HALDARE ; INSTALATII DE EXTRACTIE.

ESTE UNITATE AUTORIZATA PENTRU MONTAJUL INSTALATIILOR DE TRANSPORT PE CABLU PENTRU MARFURI SI PERSOANE.



Str. SF. IOAN NOU Nr. 33, sector 3, telefon 21.61.90,
telex 10.293 TCMMB, cod 70063, BUCURESTI

E 1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, august 1982

8

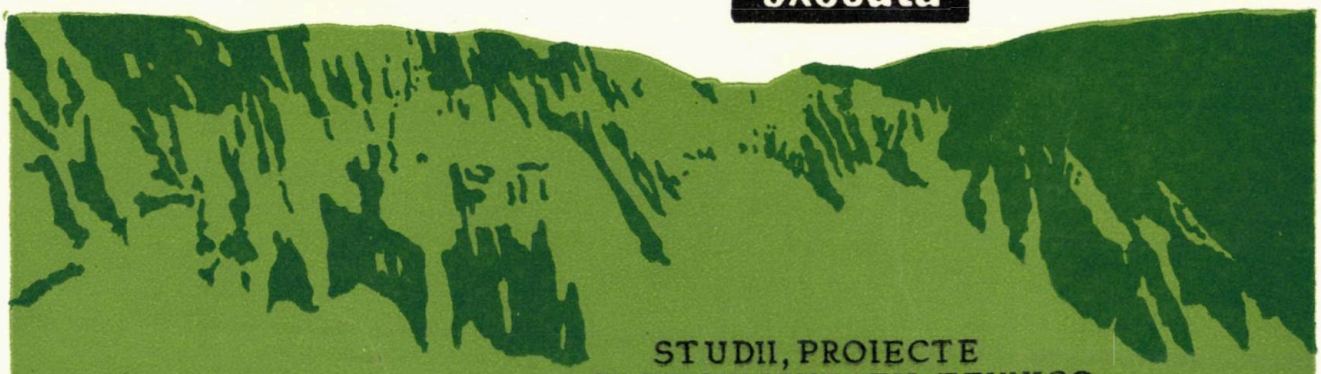
MINISTERUL MINELOR

**ICPMSN** cluj-napoca

INSTITUTUL DE CERCETARI SI PROIECTARI MINIERE PENTRU SUBSTANTE NEMETALIFERE

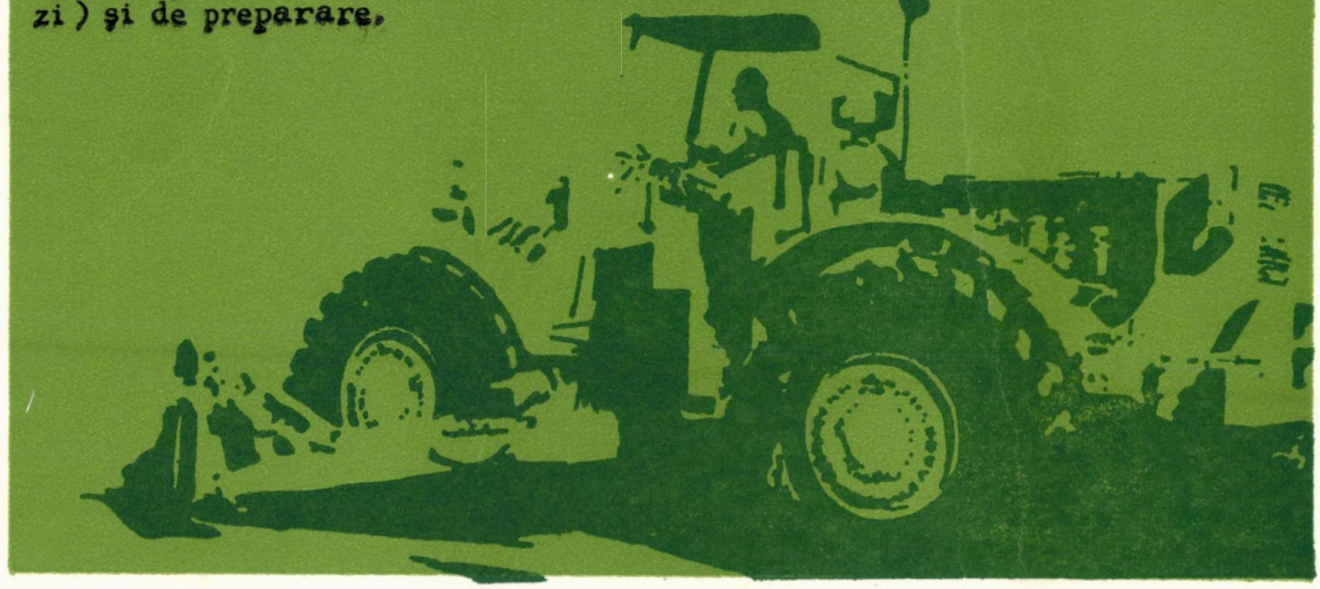
I.C.P.M.S.N. CLUJ - NAPOCA, str. Tudor Vladimirescu 15 - 17

**execută**



STUDII, PROIECTE
ŞI DOCUMENTAŢII TEHNICO-ECONOMICE PENTRU VALORIFICAREA SUBSTANTELOR NEMETALIFERE DIN ÎNTREAGA ŢARĂ, CUPRÎNZIND:

● metode de exploatare ● săparea şi susţinerea lucrărilor miniere ● perforări şi împuşcări în lucrări la zi şi în subteran ● mecanizarea şi automatizarea lucrărilor miniere şi a fluxurilor de preparare ● aeraj minier ● profilaxie tehnico-medicală ● prepararea mecanică şi chimică a substanţelor nemetalifere în fază laborator, pilot şi semiindustrială ● epurare chimică a apelor de mină şi reziduale de la uzinele de preparare ● proprietăţi fizico-mecanice ale rocilor şi cercetări geotehnice ● măsurători topografice ● urmărirea stabilităţii masivelor miniere ● analize mineralogice şi petrografice ● analize chimice şi fizice prin metode spectrale, polarografice, fotometrice, röntgen difractometrice ● sinteza unor reactivi de preparare ● prototipuri de aparate şi utilaje specifice exploatării şi preparării substanţelor nemetalifere ● microproducţie de noi sorturi de substanţe nemetalifere ● asistenţă tehnică privind modernizarea fluxurilor de exploatare ( subteran şi la zi ) şi de preparare.



# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XXXIII

Nr. 8 1982


MŰSZAKI INFORMÁCIÓS SZOLGÁLAT ORSZÁGOS KÖNYVTÁRA 1883

## CUPRINS


**Mesajul preşedintelui Republicii Socialiste România, Nicolae Ceauşescu, adresat participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea“** . . . 355

**Apelul participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea“** 357

*** **Din realizările minerilor noştri** 359

*Gâf-Deac, I. şi Gâf-Deac Maria* **Aspecte ale procesului de tăiere cu combina în abatajele frontale complex mecanizate aflate în repliere** . 366

*Pârcălăbescu, I. D.* **Asupra compoziţiei chimico-mineralogice şi a condiţiilor de formare a rocilor zăcământului de sare de la Ocnele Mari** . . . . . 370

*Pavelescu, L. şi Cosma, R.* **Contribuţii la cunoaşterea geologiei şi potenţialului metalogenetic al zonei Ruşchiţa** . . . . . 379

*Posea, N., Anghel, Al., Grigore, N. şi Cioată, M.* **Calculul de rezistenţă al cîrligelor instalaţiilor de foraj** . . . 383

*Pavel, A.* **Rezistenţa elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari** (II) . . . . . 389



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

Ing. **VASILE SCRIPĂŢ,** preşedinte ; dr. ing. **GHEORGHE ALDEA** ; ing. **ŞTEFAN BENEA** ; dr. geol. **IOSIF BERCIA;** ing. **TEODOR BORU;** dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU;** ing. **VIRGIL FĂTU;** dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ** ; dr. ing. **FLOREA NEAGU;** ing. **NICOLAE PANTILIE; ELENA VRĂNCEANU,** redactor.


## REZUMATE

**Mesajul preşedintelui Republicii Socialiste România, Nicolae Ceauşescu, adresat participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea“**

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

**Apelul participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea“**

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

*** *Din realizările minerilor noştri*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.232.72 : 622.273.15

Gâf-Deac, I. şi Gâf-Deac Maria. *Aspecte ale procesului de tăiere cu combina în abatajele frontale complex mecanizate aflate în repliere*

Avînd în vedere trecerea la exploatarea în adîncime a stratelor de cărbune, care conduce la diversificarea condiţiilor de exploatare, autorii prezintă unele scheme de tăiere care ţin seama de corelaţia dintre lăţimea tamburilor tăietori ai combinei şi unghiul maxim de joc al jgheabului transportorului.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.363 : 553.63

Pârcălăbescu, I. D. *Asupra compoziţiei chimico-mineralogice şi a condiţiilor de formare a zăcământului de sare gemă de la Ocnele Mari*

Cu ajutorul difracţiei razelor X şi a spectrografiei de emisie, autorul pune în evidenţă compoziţia chimico-mineralogică a mediului solid. Consideraţiile geochimice susţin ipoteza că zăcămîntul de sare gemă s-a format în craterul unui vulcan submarin.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 553.4 : 553.53

Pavelescu, L. şi Cosma, R. *Contribuţii la cunoaşterea geologiei şi potenţialului metalogenetic al zonei Ruşchiţa*

Autorii prezintă o sinteză a geologiei zonei Ruşchiţa, separînd în cadrul unităţii epimetamorfice un facies predominant tufogen şi altul predominant detritogen. Perspectiva mineralizaţiilor de fier din sectoarele Vîrful Boul şi Pîrîul cu Raci este legată de extinderea zăcămintelor spre vest, iar cea a mineralizaţiilor de sulfuri polimetalice rezidă din evoluţia acestora în adîncime.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.24.05

Posea, N. ş.a. *Calculul de rezistenţă al cîrligelor instalaţiilor de foraj*

Autorii prezintă un algoritm pentru determinarea stării de tensiune în secţiunile cele mai solicitate ale cîrligului şi analizează condiţiile de rezistenţă pe baza normelor API (American Petroleum Institute).

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.241.5 : 622.245.1

Pavel, A. *Rezistenţa elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (II)*

Se continuă particularizarea teoriei generale pentru solicitările distincte la presiune hidrostatică interioară, exterioară sau diferenţială şi, de asemenea, pentru solicitarea mixtă la presiunile enumerate, în diferite combinaţii practice. Se studiază solicitarea longitudinală sub acţiunea cîmpului gravific terestru şi, în mod distinct, solicitarea la încovoiere. Generalizînd, se analizează solicitarea concomitentă la presiune, întindere sau compresiune longitudinală şi încovoiere. Se rezolvă problemele calculului de rezistenţă al cintrelor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

# CONTENTS


C.Z. 622.232.72 : 622.273.15

Gâf-Deac, I. and Gâf-Deac Maria. *Some aspects of the cutting process of coal-getting machine during the orientation change of longwall*

Taking into account the different conditions in working deeper coal strata the authors present some cutting schemes based on the correlation between the width of the cutting drum and the maximum deviation angle of the conveyor trough.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.363 : 553-63

Pârcălăbescu, I. D. *On the chemical-mineralogical composition and building-up manner of rock salt deposit Ocnele Mari*

With the help of X-rays difraction and emission spectrometry methods, the author makes obvious the chemical and mineralogical composition of the solid medium. The geochemical considerations uphold the hypothesis that the rock salt deposit was built into the crater of a submarine volcan.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 553.4 : 553.53

Pavelescu, L. and Cosma, R. *Contributions to the knowledge of the geology and metallogenetic potential of Ruşchiţa district*

The authors present a synthesis of Ruşchiţa district's geology separating into the frame work of the epimetamorfic unit a tuffaceous facies and another detrital one. The outlooks of iron mineralization from Virful Boul and Pîriul cu Raci is linked by an westwards extension of the ore bodies and those of polymetal sulphide mineralizations by their development in depth.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.24.05

Posea, N. et al. *The resistance calculation of drilling rig hooks*

The authors present an algorithm for determining the stress state into the most dangerous sections of the hook and analyse the resistance conditions based on the API standards.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.241.5 : 622.245.1

Pavel, A. *The elastic, mechanic and static resistance of large diameter string of casing (II)*

The aplication of the general theory of resistance for the distinct stresses caused by uniform, inner, outer and differential, as well as other practical combinations of pressures is continued. The longitudinal stress due to the gravitational field and distinctively the bending stress is analysed. In general manner the simultaneous stress at pressure, tension, longitudinal compression and bending is studied.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982


# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.232.72 : 622.273.15

Гыф-Деак, И. и Гыф-Деак Мария *Некоторые аспекты выемки комбайном длинных очистных забоев, оснащенных механизированными комплексами, в случае оставания работ у откаточного или вентиляционного штреков*

Учитывая переход к более глубокой разработке угольных месторождений, длякоторых характерны более разнообразные условия разработки, авторы представляют некоторые схемы резания с учетом соотношения между шириной барабанов комбайна и максимальным углом изгиба желобов скребкового конвейера.

Ключевые слова: схемы резания, механизированные комплексы, длинный очистной забой, угольные месторождения.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.363 : 553.63

Пыркэлэбеску, И. Д. *О химико-минералогическом составе и о генезисе соляного месторождения Окнеле Марь*

На основе дифракции лучей X и спектрографии автор определяет химико-минералогический состав твердой среды. Геохимические соображения подтверждают гипотез, согласно которому месторождение поваренной соли образовалось в кратере морского вулкана.

Ключевые слов: химико-минералогический состав, морской вулкан, генезис, соляное местерождение, Окнеле Марь.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 553.4 : 553.53

Павелеску, Л. и Косма, Р. *Вклад в изучении геологии у металлогенетического потенциала зоны Рушкица*

Авторы представляют обобщение вопросов геологии зоны Рушкица, выделив из эпиметаморфической единицы туфогенный и детритогенный фациесы. Перспектива оруденения железа участков Вырфул Боул и Пырыул ку Рачи связана с распространением месторождений к западу, а полиметаллическое оруденение в виде сульфидов является результатом их развития в глубину.

Ключевые слова: металлогенетический потенциал, полиметаллическое оруденение, зона Рушкица.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.24.05

Посеа, Н. и др. *Расчет сопротивления крючков буровых установок*

Авторы представляют альгорифм определения напряженного состояния сечения с максимальной нагрузкой крючка и рассмотривают условия сопротивления на основе норм API (American Petroleum Institute).

Ключевые слова: расчет, сопротивление, максимальная нагрузка, крючки, буровые установки

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.241.5 : 622.245.1

Павел, А. *Упругомеханостатическое сопротивление трубопровод большого диаметра (II)*

Продолжается конкретизация общей теории применительно к отдельным величинам внутреннего, наружного или дифференциального гидростатического давления, а также различных их практических комбинаций. Изучается продольная нагрузка под влиянием земного гравиметрического поля и особенно изгиб. В общем рассмотриваются одновременная нагрузка на давление, продольное растяжение или сжатие и изгивб. Решаются вопросы расчета сопротивления колец,

Ключевые слова: колонны труб, сопротивление, растяжение, сжатие, изгиб, нагрузка.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

## SOMMAIRE

C.Z. 622.232.72 : 622.273.15

Gâf-Deac, I. et Gâf-Deac Maria *Quelques aspects sur l'opération de coupe de la machine d'abattage dans les longues tailles en train de repliement*

A partir de l'adoption de l'exploitation en profondeur des couches de charbon, qui mène à la diversification des conditions d'exploitation, les auteurs présentent quelques schémes de coupe fondés sur la corrélation entre l'épaisseur du tamboure de coupe de la machine d'abattage et l'angle maximal de déviation du convoyeur blindé flexible.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.363 : 553.63

Pârcălăbescu, I. D. *Sur la composition chimico-minéralogique et les conditions de formation du gisement de sel gemme de Ocnele Mari*

A l'aide de la diffraction X et de la spéctrographie d'émission, l'auteur met en évidence la composition chimico-minéralogique du milieu solide. Les considérations géochimiques soutiennent l'hypothèse que le gisement de sel gemme s'est formé dans le cratère d'un volcan sous-marin.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 553.4 : 553.53

Pavelescu, L. et Cosma, R. *Contributions à la connaissance de la géologie et du potential métallogénique de la zone de Ruşchiţa*

Les auteurs présentent une synthèse de la géologie de la zone de Ruşchiţa, en distinguant dans le cadre de l'unité épimétamorphique un faciès à dominance tuffogène et un autre, à dominance détritogène. La perspective des minéralisations de fer des secteurs Vîrful Boul et Pîriul cu Raci est liée à l'extension des gisements vers l'ouest, et celle des minéralisations de sulfures polymétalliques réside dans leur évolution dans la profondeur.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.24.05

Posea, N. et al. *Le calcul de la résistance des crochets des installations de forage*

Les auteurs présentent un algorythme de l'état de tension dans les sections les plus sollicitées du crochet et analysent les conditions de résistance sur la base des normes API (American Petroleum Institute).

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.241.5 : 622.245.1

Pavel, A. *La résistance élastomécanostatique des colonnes de tubage au grand diamètre (II)*

On continue à appliquer à des cas particuliers la théorie générale pour les sollicitations distinctes à la pression hydrostatique intérieure, extérieure ou différencielle et, également pour la sollicitation mixte aux pressions énumérées, en différentes combinaisons pratiques. On étudie la sollicitation longitudinale sous l'action du champ gravitique terrestre et, de manière distincte, la sollicitation au courbement. En généralisant, on analyse la sollicitation concomitante à la pression, à l'extension ou compression longitudinale et courbement. On résout les problèmes du calcul de la résistance des arches de soutènement.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

## INHALT

C.Z. 622.232.72 : 622.273.15

Gâf-Deac, I. und Gâf-Deac Maria *Einige Aspekten über den Schneidvorgang der Gewinnungsmaschine in Richtungswechselstreben*

In Verbindung mit dem Übergang nach der Gewinnung der tiefer Kohlenschichten mit vielseitige Förderungsverhältnisse, die Verfassern stellen einige Schneidweisen mit Berücksichtigung der Breite der Schrämwalze und des Krümungswinkels des Strebpanzerförderers dar.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.363 : 553.63

Pârcălăbescu, I. D. *Über die chemisch-mineralogische Zusammenfassung und die Ausbildung der Steinsalzlagerstätte von Ocnele Mari*

Mit Hilfe der X-Strahlendifraktions- und Emissionsspektrometrieverfahren, die chemisch-mineralogische Zusammenfassung des Festmediums in der Vordergrund ist gestellt. Die geochemische Beiträge die Hypothese der Ausbildung der Steinsalzlagerstätte im Krater eines Unterwasservulkans verteidigen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 553.4 : 553.53

Pavelescu, L. und Cosma, R. *Beiträge zur Erkenntniss der Geologie und des Erzpotentials der Ruşchiţa Zone*

Die Verfassern stellen eine Synthese über die Geologie der Ruşchiţa Zone mit eine Verteilung, im Rahme der epimetamorphische Einheit, in einer vorherrschende tufogene Fazies und anderer vorherrschende detritogene Fazies dar. In der Sektoren Virful Boului und Pîrîul cu Raci die Perspektive der Eisenvererzung nach Westen und für die Komplexsulphurenvererzung in der Tiefe ist vorausgesehen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.24.05

Posea, N. et al. *Die Festigkeitsrechnung der Haken der Bohranlagen*

Die Verfassern stellen eine Algorithmus für die Bestimmung des Spannungszustand in der am gespannsten Sektionen des Hakens dar und die Festigkeitsverhältnisse aufgrund der API (American Petroleum Institute) Normen analysieren.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

C.Z. 622.241.5 : 622.245.1

Pavel, A. *Die elastisch-mechanisch-statische Widerstand der Grossdurchmesser Rohrtour (II)*

Es wird die Anwendung der allgemeine Theorie der elastisch-mechanisch-statische Festigkeit im Falle der besonderen Spannungen mit einförmige, inner, ausser and differentielle Druck fortgesetzt. Die longitudinale Spannung unter der Einfluss der gravimetrische Feld und im besonderen nach Biegungsspannung ist analysiert.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod. 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informaţia" str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2405
**Preţul: 13 lei/exemplar**

# MESAJUL

## preşedintelui Republicii Socialiste România,

# NICOLAE CEAUŞESCU,

## adresat participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea"

Am deosebita plăcere să vă adresez dumneavoastră, participanţilor la simpozionul „Oamenii de ştiinţă şi pacea" ce se deschide astăzi la Bucureşti — personalităţi de seamă ale ştiinţei şi tehnicii contemporane — un salut cordial şi urări de succes în desfăşurarea lucrărilor reuniunii, astfel încît ea să dea un impuls luptei forţelor înaintate de pretutindeni pentru progres şi pace în lume.

Republica Socialistă România acordă o importanţă de prim ordin activităţii ştiinţifice, pune cuceririle ştiinţei şi culturii la baza a însăşi construcţiei orînduirii noi, socialiste, apreciind că acestea constituie un factor fundamental al progresului şi civilizaţiei.

Trăim epoca celui mai mare avînt al gîndirii ştiinţifice cunoscut de omenire de-a lungul mileniilor, a celei mai grandioase revoluţii tehnico-ştiinţifice, marcată de descoperiri epocale ce au schimbat şi schimbă radical reprezentările omului despre natură şi societate, despre univers, influenţează toate laturile existenţei umane.

Asistăm, sub directa înrîurire a ştiinţei, la modificarea continuă a condiţiilor producţiei materiale, la stăpînirea tainelor materiei şi valorificarea tot mai eficientă a bogăţiilor naturii, la sporirea capacităţii creatoare a popoarelor. Atît în sfera perfecţionării forţelor de producţie ale societăţii, cît şi a gîndirii şi creaţiei spirituale, nici o naţiune nu se mai poate dezvolta fără aportul ştiinţei şi tehnicii înaintate, viitorul omenirii însuşi nu mai poate fi conceput în afara marilor cuceriri ale gîndirii ştiinţifice.

Trebuie să spunem însă deschis că multe din marile descoperiri ale cercetării ştiinţifice şi creaţiei tehnice sînt folosite astăzi pentru producerea celor mai sofisticate arme de distrugere în masă, începînd cu arma atomică. În lume are loc o accentuare deosebit de îngrijorătoare a cursei înarmărilor, acumularea de arsenale militare în stare să distrugă întreaga planetă, să pună în pericol însăşi viaţa umanităţii. Asistăm la agravarea încordării pe arena mondială, ca rezultat al politicii imperialiste de dominaţie, forţă şi dictat, se manifestă cu putere tendinţa de consolidare şi reîmpărţire a zonelor de influenţă, se ascut contradicţiile între state şi grupări de state.

În acelaşi timp, în lume se afirmă tot mai puternic voinţa popoarelor de a trăi libere, de a se dezvolta de sine stătător, de a pune cu desăvîrşire capăt colonialismului şi neocolonialismului, oricăror forme de asuprire, de a asigura înnoirea democratică, progresistă a societăţii, bunăstarea maselor largi muncitoare, de a instaura pe arena mondială relaţii cu adevărat noi, de egalitate deplină între ţări, de destindere, colaborare şi pace.

România socialistă acţionează cu toată hotărîrea pentru dezvoltarea relaţiilor cu toate statele, fără deosebire de orînduire socială. Aşezăm la baza relaţiilor cu toate ţările principiile deplinei egalităţi în drepturi, respectului neabătut al independenţei şi suveranităţii naţionale, neamestecului în treburile interne, renunţării la forţă şi la ameninţarea cu forţa. Considerăm că trebuie să se facă totul pentru oprirea agravării situaţiei mondiale, pentru soluţionarea tuturor problemelor dintre state numai pe calea tratativelor, pentru reluarea şi continuarea politicii de destindere şi pace.

În actualele împrejurări internaţionale grave, oamenilor de ştiinţă le revine o uriaşă răspundere faţă de prezentul şi viitorul omenirii. Nimeni nu cunoaşte mai bine decît savanţii, cercetătorii, forţa de distrugere a armelor moderne, pericolul pe care îl reprezintă continuarea cursei înarmărilor pentru cauza civilizaţiei, pentru securitatea popoarelor, pentru însăşi viaţa omenirii.

Astăzi se pune problema de conştiinţă de a alege între politica de intensificare a cursei înarmărilor, de producere de noi arme nucleare

de distrugere în masă și politica de dezarmare, de destindere și pace.

Nu poate exista o cale de mijloc !

Este evident că oamenii de știință, care înțeleg foarte bine forța de distrugere a armelor și, în primul rînd, a armamentelor nucleare, nu pot fi decît de partea politicii de dezarmare și de pace. Iată de ce, mai mult ca oricînd, oamenii de știință au înalta îndatorire de a-și ridica glasul hotărît și de a face totul pentru ca minunatele cuceriri ale geniului uman să nu mai slujească fabricării armelor de nimicire în masă, pregătirilor de război, politicii de agresiune, de forță și dominație. Menirea cea mai nobilă a savanților, a cercetătorilor din toate domeniile și de pretutindeni este de a face ca întregul potențial al științei și tehnicii contemporane să fie consacrat progresului, bunăstării, libertății și independenței popoarelor, asigurării dreptului suprem al oamenilor la viață, la pace.

Este necesar să se acționeze cu cea mai mare energie și hotărîre pentru oprirea cursei înarmărilor, pentru dezarmare și, în primul rînd, pentru dezarmare nucleară, pentru oprirea amplasării și dezvoltării de rachete cu rază medie în Europa, împotriva producerii armei cu neutroni, pentru diminuarea bugetelor și efectivelor militare, pentru renunțarea cu desăvîrșire la folosirea forței sau a amenințării cu forța în viața internațională, pentru făurirea unei lumi fără arme și fără războaie.

Subdezvoltarea face ca majoritatea populației globului să trăiască în înapoiere, ca aproape o jumătate de miliard de oameni să sufere în mod cronic de foame. De aceea trebuie instaurată o nouă ordine economică internațională, care să asigure accesul neîngrădit al tuturor popoarelor și, în primul rînd, al celor rămase în urmă, la minunatele cuceriri ale geniului uman, circulația liberă a cunoștințelor și descoperirilor, transformarea științei într-un bun al întregii umanități.

În condițiile amplificării crizei economice mondiale, un rol deosebit de important poate să-l joace știința în descoperirea și valorificarea de noi surse energetice și de materii prime și în punerea lor la îndemîna popoarelor, în fertilizarea și sporirea randamentului pămîntului și soluționarea marii probleme a alimentației. Ea are datoria să-și aducă contribuția la ocrotirea sănătății maselor de pretutindeni, la combaterea poluării, ameliorarea mediului ambiant, ocrotirea valorilor naturii, la transformarea întregii noastre planete într-o adevărată grădină înfloritoare care să asigure o viață demnă pentru toate popoarele.

Oamenii de știință și tehnică din România, profund devotați intereselor poporului, își consacră întreaga energie prosperității economico-sociale a patriei și, totodată, conlucrează activ cu oamenii de știință din celelalte țări în lupta pentru progres, pentru dezarmare, pentru apărarea dreptului fundamental al tuturor națiunilor la existență, pace și libertate.

În zilele noastre, rolul fundamental în determinarea cursului istoriei îl au popoarele, masele largi populare de pretutindeni. Locul oamenilor de știință, vital interesați în cauza progresului și păcii, este alături de popoarele care luptă pentru apărarea vieții și muncii lor pașnice, pentru dreptul de a-și făuri destinul în mod liber, fără nici un amestec sau presiune din afară, de a-și consacra resursele și energia în scopul propriei propășiri materiale și spirituale. Indiferent de deosebirile de concepții filozofice, politice, religioase, oamenii de știință trebuie să-și unească tot mai strîns rîndurile și, împreună cu forțele iubitoare de pace, antiimperialiste, de pretutindeni, să se ridice împotriva politicii imperialiste, de dominație, împotriva războiului, pentru o lume a dreptății, egalității și păcii.

Mai mult ca oricînd se impune organizarea unui puternic front mondial al oamenilor de știință care să acționeze și să-și spună cuvîntul autorizat la Organizația Națiunilor Unite, la Conferința de dezarmare și în alte organisme internaționale în legătură cu dezarmarea și asigurarea unei păci trainice pe planeta noastră.

Avem ferma convingere că acțiunea unită a oamenilor de știință și cultură, a oamenilor muncii, a forțelor progresiste, a tuturor popoarelor va putea opri cursa înarmărilor și determina trecerea la dezarmarea generală, în primul rînd la dezarmarea nucleară.

Să facem totul pentru a asigura copiilor și nepoților noștri, generației noastre și generațiilor viitoare, pacea, libertatea și fericirea, într-o lume fără războaie, mai umană, mai dreaptă și mai bună !

Cu aceste gînduri, îmi exprim convingerea că importanta reuniune de la București va avea un profund ecou în conștiința cercetătorilor și savanților de pretutindeni și vă adresez tuturor cele mai calde urări de succes, de satisfacții în nobila activitate consacrată progresului științei, precum și cauzei colaborării, păcii și independenței popoarelor.

NICOLAE CEAUȘESCU
Președintele Republicii Socialiste România

# APELUL

## participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea"

Întruniţi la Bucureşti, în zilele de 4 şi 5 septembrie 1981, în cadrul simpozionului „Oamenii de ştiinţă şi pacea", spre a dezbate, într-un amplu şi fructuos dialog, problema fundamentală a contemporaneităţii — pacea — ţelul nobil al întregii omeniri, noi, oamenii de ştiinţă din numeroase ţări ale lumii, de pe toate continentele, conştienţi de gravele pericole care le reprezintă pentru omenire înarmările, de contribuţia pe care ştiinţa şi slujitorii ei o pot aduce la oprirea cursei înarmărilor, la progresul continuu şi viitorul întregii lumi, adresăm savanţilor, cercetătorilor şi intelectualilor de pretutindeni, tuturor popoarelor, vibranta chemare de a-şi uni eforturile şi a conlucra tot mai strîns pentru apărarea păcii — bunul suprem al umanităţii.

Epoca noastră cunoaşte nu numai ascensiunea vertiginoasă a ştiinţei şi tehnicii, marcată de grandioase descoperiri care influenţează toate domeniile existenţei umane, dar, totodată, cunoaşte şi acţiuni anacronice, contrare intereselor omenirii, de folosire a rezultatelor ştiinţei şi tehnicii în scopuri distructive, dăunătoare păcii şi libertăţii popoarelor. Traversăm o perioadă cînd omenirea este confruntată cu probleme de o deosebită complexitate, cînd asistăm la o nouă şi frenetică cursă a înarmărilor, la creşterea fără precedent a bugetelor militare, la fabricarea şi perfecţionarea de noi mijloace de nimicire în masă, ceea ce agravează profund situaţia internaţională, împovărează tot mai greu popoarele, amplifică pericolul declanşării unor conflagraţii, care pot distruge viaţa întregii planete, însăşi civilizaţia făurită de-a lungul mileniilor.

Pe deplin conştienţi de faptul că responsabilitatea oamenilor de ştiinţă, în alternativa pace sau război, nu este decît una — aceea de a apăra pacea, să spunem un NU hotărît războiului şi înarmărilor, aceasta constituind nu numai datoria noastră morală, ci şi o condiţie a existenţei întregii omeniri. Chemăm pe toţi slujitorii ştiinţei, indiferent de convingerile lor politice, filozofice, religioase sau de altă natură, să acţioneze, împreună cu popoarele ţărilor lor, pentru a opri agravarea situaţiei internaţionale, politica de înarmări, pentru reluarea şi continuarea neabătută a cursului spre destindere, pace şi o largă colaborare internaţională !

Să acţionăm acum, cînd nu e prea tîrziu, în acest ceas de mare răspundere pentru destinele omenirii, pentru încetarea cursei înarmărilor, pentru trecerea la dezarmare şi în primul rînd la dezarmare nucleară, pentru făruirea unei lumi fără arme şi fără războaie, pentru apărarea dreptului fundamental al omului şi al popoarelor — dreptul la viaţă, la pace !

Noi, oamenii de ştiinţă care cunoaştem mai bine ca oricine forţa de distrugere a armelor moderne, uriaşul pericol ce-l reprezintă acestea pentru securitatea popoarelor, pentru însăşi viaţa omenirii, să ne unim şi mai puternic forţele, să acţionăm ferm împotriva utilizării energiei atomice în alte scopuri decît cele paşnice ! Să facem totul pentru ca imensul potenţial al cercetării ştiinţifice şi tehnice să nu fie folosit pentru producerea de arme, ci să contribuie exclusiv la dezvoltarea economică şi la progresul fiecărei ţări, la conservarea a tot ceea ce a făurit mai bun geniul uman, la crearea de noi şi importante valori !

În condiţiile de astăzi, cînd pe plan mondial există numeroase probleme de ordin economic, social şi politic, nouă, oamenilor de ştiinţă ne revine înalta îndatorire de a ne spori tot mai mult contribuţia la soluţionarea acestora în interesul propăşirii tuturor naţiunilor. Să folosim descoperirile noastre pentru lichidarea marilor decalaje dintre ţările bogate şi sărace ale lumii, înlăturarea stării de subdezvoltare în care se află circa două treimi din populaţia planetei, eradicarea subnutriţiei şi a maladiilor care continuă să secere milioane de vieţi omeneşti, ca şi pentru protecţia mediului înconjurător şi conservarea lui în beneficiul generaţiilor viitoare ! Să depunem toate eforturile pentru descoperirea de noi resurse energetice şi de materii prime, pentru rezolvarea problemelor legate de alimentaţie, apă, sănătate şi a altora de care depind progresul şi viitorul întregii umanităţi ! Să militäm în modul cel mai ferm împotriva oricăror îngrădiri ale circuitului mondial de valori ştiinţifice şi culturale, pentru ca de minunatele cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii să beneficieze larg toate popoarele, pentru transformarea cu adevărat a ştiinţei într-un bun al întregii umanităţi !

În zilele noastre, pacea şi securitatea internaţională creează cele mai favorabile condiţii pentru progresul economic şi social, pentru folosirea cuceririlor geniului uman, a impresionantei revoluţii tehnico-ştiinţifice contemporane spre binele tuturor oamenilor de pe pămînt. Tocmai de aceea, orice efort, orice strădanie, orice acţiuni, fie din partea unor asociaţii ştiinţifice şi culturale, a unor organisme

obștești și persoane particulare, fie din partea oamenilor politici, a guvernelor și parlamentelor, avînd menirea să contribuie la apărarea și consolidarea păcii, la cauza colaborării internaționale pașnice, pe baza respectării independenței și suveranității naționale, egalității în drepturi, neamestecului în treburile interne și avantajului reciproc, trebuie apreciate și sprijinite cu toată tăria, pentru ca aspirațiile legitime ale popoarelor, ale tuturor oamenilor, care au conștiința responsabilității față de destinul civilizației lumii, să-și găsească împlinirile.

Adresăm oamenilor de știință, asociațiilor lor naționale și internaționale chemarea de a organiza forme adecvate de cooperare, pe deasupra deosebirilor naționale, ideologice sau politice, pentru a asigura ca știința să fie utilizată exclusiv potrivit vocației sale umaniste. În acest scop am constituit un Comitet internațional de inițiativă, chemat să inițieze acțiuni ale oamenilor de știință pentru dezvăluirea pericolelor pe care le prezintă cursa frenetică a înarmărilor, în primul rînd a înarmărilor nucleare, pentru informarea opiniei publice asupra acestor pericole și elaborarea de măsuri concrete în vederea preîntîmpinării lor, pentru pregătirea unui Congres mondial al oamenilor de știință în sprijinul păcii. Adresăm slujitorilor științei, intelectualității de pretutindeni chemarea de a se alătura acestui comitet, a acționa împreună cu noi în această nobilă activitate dedicată păcii, a face totul ca opiniile noastre să se facă auzite la Organizația Națiunilor Unite, la Conferința pentru dezarmare de la Geneva, în toate forurile internaționale care dezbat problemele dezarmării, ale păcii, securității și cooperării internaționale.

Pătrunși de răspunderea pe care o avem în fața științei și a umanității, conștienți fiind că nu putem construi un viitor acceptabil fără un prezent al păcii, să ne mobilizăm puterea de convingere, forța de argumentare, pentru a determina pe adepții înarmării să-și schimbe opțiunile, pentru a influența guvernele, parlamentele, pe oamenii politici să promoveze o politică de pace, înțelegere și colaborare, să renunțe cu desăvîrșire la folosirea forței și la amenințarea cu forța, asigurînd soluționarea tuturor problemelor litigioase numai și numai pe cale pașnică, prin tratative!

Să facem totul ca fondurile cheltuite pentru înarmări, imensele bugete militare să fie folosite pentru înfăptuirea programelor de dezvoltare social-economică a fiecărei țări, pentru sprijinirea popoarelor din țările subdezvoltate în eforturile lor de progres, pentru făurirea unei lumi mai drepte și mai bune, ferită de amenințarea războiului!

Să slujim cu înalt devotament nobilele idealuri ale păcii, să ne facem datoria față de propria noastră conștiință, față de contemporanii noștri, față de comandamentele supreme ale umanității, să oferim omenirii o perspectivă pe măsura aspirațiilor ei scumpe, a forței sale de creație, să ne dovedim la înălțimea a tot ceea ce a făurit mai de preț civilizația umană de-a lungul secolelor!

Avem ferma convingere că, unindu-ne forțele, intensificînd conlucrarea noastră, știința va deveni cu adevărat o armă a vieții, astfel încît toate popoarele să-și poată spori contribuția la patrimoniul cunoașterii universale, ca pacea, securitatea și colaborarea să triumfe pe planeta noastră!

*București, 5 septembrie 1981.*

PARTICIPANȚII
LA SIMPOZIONUL INTERNAȚIONAL
„OAMENII DE ȘTIINȚĂ ȘI PACEA"

# Din realizările minerilor noştri

Congresul al XII-lea al Partidului Comunist Român a formulat ca obiectiv de bază al deceniului 1981—1990 asigurarea independenţei României din punctul de vedere al combustibilului şi energiei. În domeniul creşterii bazei energetice a ţării, un accent deosebit se va pune pe utilizarea cărbunilor pentru producerea de energie electrică şi termică. Se vor construi mari centrale bazate pe utilizarea cărbunilor şi şisturilor bituminoase, astfel ca la nivelul anului 1985 în balanţa de energie electrică producţia bazată pe cărbune şi şisturi bituminoase să reprezinte peste 55% faţă de 40% în anul 1980. În vederea asigurării cantităţilor de cărbune necesar pentru producţia de energie electrică şi acoperirea celorlalte consumuri din economie, inclusiv consumul casnic, este necesar ca producţia de cărbune să crească de la 44 mil. tone cît prevede planul pe anul 1982, la 87 mil. tone în anul 1985.

Pentru înfăptuirea acestor prevederi a fost stabilit, de către conducerea superioară de partid şi de stat, „Programul privind dezvoltarea producţiei de cărbune în perioada 1982—1990". Ministerul Minelor, împreună cu combinatele şi întreprinderile miniere, au stabilit programe complexe de măsuri, care să conducă la îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru, în subteran şi în cariere, creşterea gradului de folosire a utilajelor, îmbunătăţirea calităţii cărbunelui extras.

★

Corespunzător necesităţilor dezvoltării economiei naţionale, pentru transpunerea în viaţă a politicii de industrializare a ţării colectivele minelor din *bazinul carbonifer Valea Jiului* au fost mobilizate continuu pentru creşterea capacităţilor de producţie, perfecţionarea şi modernizarea tehnologiilor de extracţie şi preparare a cărbunilor şi asigurarea unei eficienţe ridicate a activităţii economice. Numărul minelor din bazinul Văii Jiului a crescut continuu, de la 5 în primii ani după eliberare, la 10 în prezent, iar capacitatea de producţie de la 2,2 mil. tone la aproape 11 mil. tone prevăzute a se extrage în acest an.

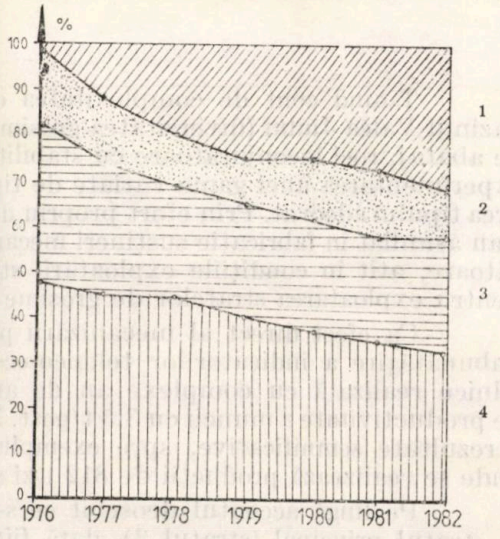



Fig. 1. Evoluţia producţiei pe metode de exploatare în perioada 1976 — 1982:
*1* — complexe mecanizate; *2* — susţinere individuală şi tăiere cu combina; *3* — susţinere individuală şi tăiere prin împuşcare; 4 — alte metode.

În ultimii ani, în special începînd cu anul 1977, dezvoltarea producţiei s-a realizat pe seama introducerii tehnicii miniere moderne şi extinderii mecanizării operaţiilor de tăiere şi susţinere cu complexe mecanizate de abataj, a săpării lucrărilor miniere cu combine de înaintare, a modernizării transportului şi extracţiei producţiei din subteran. La baza mecanizării şi modernizării minelor a stat înfăptuirea programului de mecanizare elaborat la indicaţiile secretarului general al partidului, tovarăşul **Nicolae Ceauşescu**, prin care s-au stabilit ca obiective creşterea capacităţilor de producţie şi a productivităţii muncii, în paralel cu reducerea efortului fizic şi creşterea gradului de securitate a muncii în subteran.

Ca urmare, producția extrasă cu mecanizare complexă a înregistrat o dinamică ascendentă de la 10,03 % în anul 1977 la 30 % în 1982, iar volumul lucrărilor miniere săpate mecanizat de la 10,8 la 35 %.

Față de necesitățile introducerii mecanizării, în concepția de deschidere și modernizare a minelor, au intervenit modificări, promovîndu-se principii noi care, în condițiile dificile de zăcămînt cum sînt cele din Valea Jiului, să permită concentrarea producției în limite raționale. În acest sens, la nivelul abatajului, s-a schimbat structura metodelor de exploatare prin înlocuirea celor tradiționale (abataje cameră), cu abataje frontale, prin care s-au creat condiții propice mecanizării. În prezent această metodă de exploatare participă, în producția bazinului, cu o pondere de 70 %.

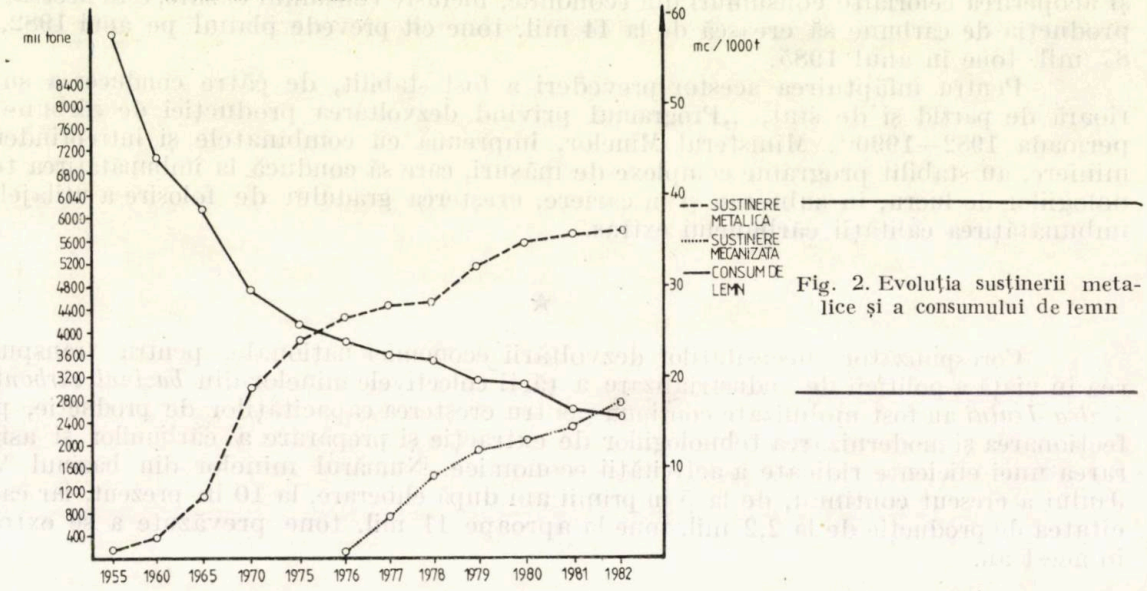



Fig. 2. Evoluția susținerii metalice și a consumului de lemn

Ținînd cont de complexitatea condițiilor geologo-miniere ale zăcămîntului din bazinul Valea Jiului (diversitatea grosimii și înclinării stratului, implicit lungimii frontului de abataj, roci înconjurătoare cu stabilitate redusă, tectonică complicată) a fost necesară experimentarea unei game variate de tipuri de susțineri mecanizate, urmărindu-se stabilirea tipului adecvat. Prin efort propriu de cercetare-dezvoltare și prin acțiuni de cooperare, s-au asimilat în fabricație susțineri mecanizate de tip scut, care s-au dovedit a fi corespunzătoare, atît în condițiile exploatării stratelor groase în felii sub tavan artificial, cît și pentru exploatarea stratelor de grosime medie sub tavan natural.

Ca efect direct al mecanizării procesului tehnologic din abataj, s-a înregistrat o îmbunătățire a indicatorilor tehnico-economici, reflectată în creșterea producției medii zilnice realizată cu complexe an de an, ajungînd în prezent la 7 500 tone și un spor de productivitate a muncii cu 3,5 t/post. Menționăm că față de realizările medii s-au obținut și rezultate semnificative, spre exemplu în stratul 3 de la Întreprinderea minieră Lupeni unde se realizează producții de 812 t/zi și randamente de 12 — 16,5 t/post.

Pe lîngă accentul deosebit ce s-a pus pe introducerea și extinderea mecanizării în stratul principal (stratul 3), dată fiind ponderea acestuia în producția bazinului, s-a acționat și în direcția extinderii mecanizării exploatării stratelor subțiri, a celor cu grosime medie, precum și a stratelor groase, însă sub tavan natural, unde cu complexele existente în dotare se acoperă gama de grosimi ale stratelor cuprinse între 0,8 — 4,4 m.

O noutate în acest sens, a constituit-o trecerea la exploatarea concomitentă a unor pachete de strate, care înainte se exploatau prin abataje cameră, cu un complex mecanizat de abataj cu înălțime mare (4,4 m) la Intreprinderea minieră Uricani — abataj în care s-au obținut producții zilnice de 800 — 1 500 t și productivități de 14 — 25 t/post.

Realizări importante s-au obținut și în cadrul tehnologiilor de execuție a lucrărilor miniere de deschidere și pregătire, prin extinderea săpării cu combine de înaintare în cărbune și steril.

În prezent minele din Valea Jiului sînt dotate cu peste 60 combine de înaintare care asigură săparea a 35% din volumul fizic al lucrărilor de deschidere și pregătire.

Semnificativă în această direcție a fost acțiunea de asimilare a combinei românești CI-2 care, prin caracteristicile sale funcționale, asigură tăierea în steril, mixt și cărbune.

Pentru susținerea lucrărilor miniere, pe lîngă tehnologiile clasice, s-a trecut la susținerea cu prefabricate grele din beton armat montate mecanizat, prin care se obțin viteze de avansare sporite cu 30%, consumuri de materiale reduse (ciment cu cca 10%) și creșterea productivității muncii cu cca 30%; au fost perfecționate susținerile în arce metalice prin utilizarea unor laminate cu capacitate portantă mai mare (SG-29), mecanizîndu-se montarea arcelor de susținere și extinzîndu-se bandajarea lucrărilor cu grile metalice.

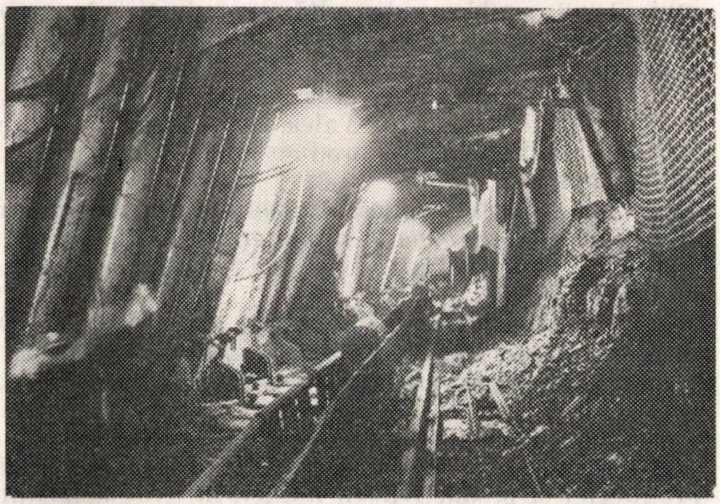


Fig. 3. Abataj complex mecanizat pentru exploatarea stratului 3 în felii orizontale

Pe linia modernizării transportului în subteran, pe lîngă efortul de introducere a schemelor de transport a producției în flux continuu pe benzi și îmbunătățirea parametrilor utilajelor de transport, se acționează și în direcția mecanizării transportului de materiale și utilaje, prin extinderea instalațiilor de transport pe monorai și dotarea minelor cu dispozitive de paletizare și containerizare a principalelor materiale (armături metalice, material lemnos, materiale masă, bolțari etc.).

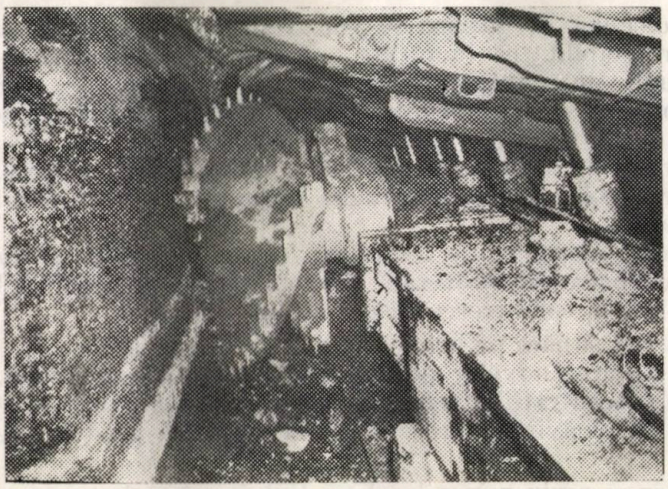


Fig. 4. Abataj complex mecanizat pentru exploatarea stratelor sub tavan natural

Procesul de dotare continuă a minelor cu utilaje și instalații complexe de mecanizare a necesitat reorganizarea activității de întreținere, revizii și reparații la nivelul bazinului, precum și a celei de pregătire a forței de muncă necesare în acest scop.

Ca o completare a introducerii mecanizării proceselor de extracție din subteran se cere plasarea în abataje de brigăzi complexe constituite din mineri specializați și personal electromecanic de deservire, policalificarea personalului component al formațiilor de lucru pentru intervenții operative la utilaje și asigurarea continuității în funcționarea acestora, cît și specializarea personalului formației de lucru pe operații tehnologice.

În paralel cu eforturile depuse pentru ridicarea nivelului tehnic al producției, colectivele minelor din Valea Jiului s-au preocupat continuu de îmbunătățirea condițiilor de muncă, în care scop toate unitățile au fost dotate cu instalații puternice de ventilație, instalații de degazare, în prezent experimentîndu-se chiar predegazarea stratelor de huilă prin foraje de la suprafață; s-a mărit și diversificat aparatura de măsură și control a atmosferei din subteran, controlul funcționării instalațiilor principale, s-au aplicat procedee noi pentru combaterea focurilor de mină prin introducerea în zone afectate a unor materiale inerte solide sau gazoase. Toate acestea au urmărit creșterea gradului de securitate a muncii din subteran.

În lumina sarcinilor reieșite din directivele Congresului al XII-lea al C.C. al P.C.R. și hotărîrilor plenarei C.C. al P.C.R. din martie 1982 și recentei plenare din 1 — 2 iunie 1982, problema dezvoltării producției de cărbune se pune deosebit de pregnant pentru lărgirea bazei interne de materii prime necesare asigurării cărbunelui cocsificabil și energetic pentru economia națională.

În această direcție, Combinatului minier Valea Jiului îi revine sarcina de a dezvolta producția de cărbune din Valea Jiului pentru a se ajunge la 14,2 mil. tone în anul 1985, la care se mai adaugă o producție de 700 mii tone/an, sarcină suplimentară începînd cu anul 1982.

Din partea vestică a bazinului urmează ca, începînd din anul 1986, să se asigure o capacitate de producție suplimentară de 2,050 mil. tone/an, prin punerea în funcțiune a minelor Valea de Brazi și Lupeni-sud, pentru care lucrările de deschidere vor fi executate în acest cincinal.

Pentru mineritul din Valea Jiului în anul 1982 se prevăd sporuri importante la toți indicatorii față de realizările anului precedent. Astfel producția brută extrasă înregistrează creșteri importante de 14,9%, iar producția de huilă spălată pentru cocs de 18,4%.

Realizarea acestor sarcini deosebite ce ne revin impune promovarea extensivă a progresului tehnic, a unor tehnologii moderne, care să creeze condiții pentru creșterea producției și productivității muncii în toate activitățile din subteran.

În acest sens se va extinde mecanizarea complexă a exploatării cărbunelui care va reprezenta în anul 1985, 38% din producția extrasă.

Minele vor fi dotate cu noi complexe de tăiere și susținere cu caracteristici constructiv-funcționale superioare.

Pentru lărgirea ariei de extindere a mecanizării complexe în abataj se experimentează în acest an noi tipuri de complexe pentru stratele de înclinare mare (peste 60°), care în prezent se exploatează prin metode mai puțin productive și consumuri ridicate de material lemnos.

Odată cu modernizarea tehnologiilor de săpare se vor realiza noi procedee și tehnologii de susținere, care să asigure stabilitatea lucrărilor miniere; în condițiile incidenței negative a creșterii adîncimii de exploatare asupra susținerilor, se vor reconsidera forma și secțiunea acestora, în sensul optimizării lor în raport cu dotarea tehnică a minelor.

În vederea satisfacerii necesarului de cărbune pentru cocs, în continuă creștere, se vor dezvolta capacitățile de preparare existente prin intrarea în funcțiune a unor noi instalații la Petrila, Livezeni și Uricani.

Programul de dotare a minelor cuprinde, de asemenea, introducerea pe scară largă a automatizării unor procese tehnologice din subteran, telecomanda și telecontrolul funcționării principalelor utilaje și instalații, conducerea dispecerizată a acestora.

Ne propunem ca și în continuare să situăm pe primul plan al preocupărilor noastre problemele de securitate a muncii, cercetarea noxelor periculoase din subteran, nivelul, dinamica și posibilitățile de reducere a concentrațiilor, efectele de ordin biologic pe care le conferă expunerea în timp, profilaxia îmbolnăvirilor profesionale și creșterea gradului de recuperare a forței de muncă.

Realizarea integrală a sarcinilor ce revin minerilor Văii Jiului, privind creșterea producției de cărbune în viitorii ani este prinosul de recunoaștință pe care minerii îl aduc conducerii de partid, tovarășului **Nicolae Ceaușescu** personal, pentru grija părintească ce le-o poartă.

★

Creșterea producției de cărbune în actualul cincinal la *Combinatul minier Ploiești* se va realiza prin dezvoltarea și modernizarea minelor existente, iar creșterea bazei de rezerve, precum și dezvoltarea unităților în perspectivă se va face prin executarea lucrărilor

miniere de cercetare geologică în perimetrele Sf. Gheorghe din județul Covasna, Bodoș din bazinul Baraolt, Cervenia și Urlați din bazinele Sotînga și Ceptura.

Totodată, în vederea asigurării producției planificate, se va acționa cu mai multă perseverență pentru creșterea gradului de folosire a utilajelor de mecanizare complexă a operațiilor grele și cu volum mare de muncă, luînd măsuri în următoarele direcții :

— reducerea duratei de timp la montarea și demontarea complexelor în abataje ;

— pregătirea din timp a abatajelor mecanizate pentru a se evita surprizele erupțiilor și surpărilor ;

— asigurarea pieselor de schimb ;

— ridicarea calificării personalului.

Realizările obținute de la începutul anului de către unitățile miniere reflectă modul cum au înțeles oamenii muncii din unitățile combinatului de a da țării cît mai mult cărbune.

Pe primele cinci luni ale anului 1982, toate unitățile Combinatului minier Ploiești și-au realizat sarcinile prevăzute pentru producția de cărbune extras, obținînd o depășire de 128 550 tone, precum și în ceea ce privește calitatea cărbunelui, fapt ce dă garanția realizării și a sarcinii suplimentare de 351 000 tone ce revine combinatului din programul Ministerului Minelor.

Pentru asigurarea realizării și depășirii sarcinilor de plan pe anul 1982, Combinatul minier Ploiești a luat măsuri încă din anul 1980 pentru depistarea și punerea în exploatare a noi zone potențiale purtătoare de cărbune, în care s-au creat 6 microcariere.

De asemenea, s-a accelerat deschiderea de noi panouri de abataj pentru a se evita suprasolicitarea carierelor și microcarierelor. Și acest lucru a reușit dacă ținem seama că pe ansamblul combinatului 20 % din depășirea din plan provine din subteran, prin folosirea cu randament superior a mijloacelor mecanizate din dotare.

Dacă în prezent ponderea producției extrase mecanizat reprezintă 36 % din producția din abataje, realizată dintr-un număr de 11 abataje mecanizate, în viitor aceasta va crește la 50 %, în timp ce numărul abatajelor mecanizate va scădea la 10. Aceasta se va realiza, atît prin creșterea parametrilor tehnico-funcționali ai noilor complexe în curs de asimilare, cît și printr-o mai bună organizare a locurilor de muncă. Astfel, dacă în prezent gama stratelor posibil a fi extrase mecanizat este cuprinsă între 1,6 și 2,8 m, în viitor, prin preocupările institutelor de cercetare se vor crea instalații complexe pentru extragerea mecanizată, atît a stratelor subțiri de 1,2 — 1,4 m, cît și a celor cu grosimi de peste 3,5 m. Asemenea complexe, cît și actualul CMA-2 îmbunătățit, vor intra în zestrea unităților (4 în anul 1983, 6 în 1984 și 4 în 1985).

Pe linie de protecție a muncii și securitate minieră, toate unitățile miniere au fost dotate cu aparatură modernă de detectare a gazelor nocive de mină și cabinete de protecție a muncii cu dotări specifice, aparatură modernă, cu ajutorul căreia s-a îmbunătățit propaganda auditivă și vizuală pentru instruirea minerilor.

★

Răspunzînd solicitărilor economiei naționale, *Centrala minereurilor Deva*, prin unitățile sale, și-a concentrat eforturile în următoarele direcții :

— cercetarea și prospectarea geologică pentru identificarea de noi structuri și zone purtătoare de minerale utile ;

— sporirea producției de minereuri din zăcăminte exploatabile chiar și în condiții mai grele și cu conținuturi mai scăzute ;

— continuarea valorificării superioare a resurselor ;

— perfecționarea tehnologiilor și crearea altora noi, în vederea creșterii randamentelor, reducerii substanțiale a consumurilor specifice, simplificării proceselor de producție. De asemenea, s-au făcut eforturi în direcția recuperării secundare, prin reciclarea materiilor prime.

Creșterea resurselor a înregistrat salturi impresionante. Astfel, față de totalul rezervelor de minereuri feroase și neferoase, inventariate cu 10 ani în urmă, volumele au crescut de circa 8 ori, urmînd ca prin lucrările ce se vor executa în perioadele viitoare să se ajungă, la nivelul anului 1985, la o creștere de 13 ori.

Pe această bază au fost proiectate și sînt în curs de execuție mari obiective miniere :

— banatite cuprifere — Moldova Nouă, proiectat la o capacitate de profil de 9 mil. tone minereu pe an ;

— obiectivul Roșia Poieni, cu o capacitate de profil de 15 mil. tone minereu cuprifer pe an ;

— obiectivul Valea Morii-Barza, avînd capacitatea de 1 mil. tone minereu cuprifer/an;

— obiectivul Coranda-Hondol la o capacitate anuală de 1 mil. tone minereu de plumb și zinc.

Avînd în vedere conținuturile mai scăzute în substanțe utile ale zăcămintelor, studiile de fezabilitate și calculele capacităților optime au concluzionat interdependența dintre capacitățile, volumele de rezerve, valoarea componenților utili cuprinși în minereu și prețurile metalelor pe piața mondială.

Capacitățile optime au fost etapizate în funcție de solicitările de plan, de posibilitățile de execuție a investițiilor, de achiziționarea sau realizarea utilajelor grele și de posibilitățile prezentate și în perspectivă ale condițiilor demografice și sociale din zonele obiectivelor miniere respective.

O activitate susținută s-a desfășurat pentru asigurarea și stabilitatea forței de muncă corespunzătoare. În acest sens au început și se continuă lucrările pentru asigurarea spațiilor pentru cazare la I.M. Moldova Nouă, I.M. Ruschița, E.M. Ghelar și E.M. Certej.

Ca urmare a preocupărilor avute în anul 1981, s-au realizat creșteri importante ale volumului de minereuri complexe și cuprifere cu 3 și respectiv 12% față de anul 1980.

Pentru anul 1982 sînt prevăzute creșteri importante, în principal la producția fizică, la toate sortimentele (20% la cupru, 10% plumb, 3% zinc, 3% bauxită, 2% fier). Cantitatea de minereu care se va extrage va fi mai mare decît în 1981 cu 40% la minereurile cuprifere și cu 5% la minereurile complexe, iar volumul de investiții va crește cu peste 350 mil. lei, ceea ce angajează la o activitate susținută, temeinic organizată și condusă în spiritul indicațiilor date de către tovarășul **Nicolae Ceaușescu** secretar general al partidului.

Dacă în toate unitățile centralei erau instalate în anul 1950 capacități totale de 1 300 mii tone minereu pe an, se va ajunge în trim. IV 1982 la 13 400 mii tone, iar în 1985 la o capacitate totală de 28 000 tone minereu pe an. Acest salt se datorește, în primul rînd, condițiilor de zăcămînt, care permit aplicarea exploatării în carieră a minereurilor, cît și extinderea metodelor de exploatare de mare productivitate și creșterea vitezelor de avansare la lucrările de înaintare. Astfel, în 1981 a crescut cu 4% cantitatea de minereu extras prin metode și tehnologii moderne, față de 1980, iar metrajul galeriilor și suitorilor a crescut cu 22%. Au fost încărcate și transportate mecanizat 6 500 000 t minereu și 4 566 000 m³ steril.

Față de metodele de exploatare clasice, la care randamentele erau de 2 — 3 t/post în abataj, s-a ajuns cu metodele actuale de exploatare la 15 t/post în 1981.

În cazul exploatărilor la zi, la unitățile pe care se bazează dezvoltarea capacităților de perspectivă Moldova Nouă și Roșia Poieni, se prevede introducerea utilajelor de mare productivitate (excavatoare cu cupă de 8 m³, autocamioane de 100 t, foreze rapide), precum și linii de măcinarea minereurilor de 7 500 t/zi, celule mari de flotație, cu volume de 15 m³, ceea ce va conduce la productivități de 100 — 200 t minereu/post.

În domeniul preparării, preocupările sînt axate pe creșterea extracțiilor în metal, pe îmbunătățirea calității concentratelor chiar și în cazul prelucrării unor minereuri cu conținuturi mai scăzute și în special pe extinderea, extragerea și valorificarea metalelor însoțitoare conținute în minereuri, pentru creșterea eficienței economice.

Trebuie subliniat efortul ce se depune, în continuare, pentru dotarea unităților cu tehnică modernă, factor determinant al ușurării efortului fizic, al creșterii productivității muncii, toate acestea avînd implicații economice favorabile, care compensează influența negativă a scăderii conținuturilor minereurilor din carierele și minele în exploatare sau care vor fi puse în funcțiune în perioadele următoare.

O deosebită preocupare se manifestă și pentru introducerea treptată a automatizării, în scopul controlului și realizării producției la nivelul sarcinilor cantitative, calitative și de eficiență, prevăzute în plan.

Sigur că toate eforturile și preocupările noastre converg spre calitate și eficiență. Vom promova, în continuare, și vom extinde tehnologiile și metodele de preparare de mare productivitate, vom generaliza experiența înaintată ce o cîștigăm treptat, vom aduce noi îmbunătățiri și modernizări fluxurilor productive, în vederea asigurării unei siguranțe sporite în funcționarea mașinilor. Vom trece la pornirea și oprirea mașinilor de extrac-

ție cu ajutorul tiristoarelor, precum și la îmbinarea cablurilor electrice flexibile de 6KV prin tehnologia „îmbinării la rece", folosind numai materiale din țară și vom generaliza folosirea spumanților de flotație fabricați în țară, reducînd tot mai mult importul. În vederea reducerii unor consumuri de combustibili și energie, avem în atenție construirea unor microhidrocentrale pe traseul conductelor care vehiculează „apa limpezită" a uzinelor de preparare a minereurilor, cu concursul institutelor energetice de specialitate.

Un aport însemnat la creșterea productivității muncii l-a adus aplicarea programului de mecanizare a minelor noastre, inclusiv cel pentru diversificarea producției proprii de utilaj minier. A fost asimilat perforatorul greu, vagonetul navetă autodescărcător de 9 t, separatorul electromagnetic cu cîmp puternic și mediu, extractorul electromagnetic de bandă, SDV-urile necesare activității miniere și uzinelor de preparare.

Paralel cu activitatea de exploatare, acționăm pentru dezvoltarea sectoarelor noastre de cercetare, pentru lărgirea colaborării cu cercetătorii din alte ramuri, astfel ca din cele 8 — 15 elemente conținute în minereurile noastre, să valorificăm un număr cît mai mare, cunoscînd că în prezent se valorifică doar circa 50% din elemente.

Rezultatul convergent al activității noastre se oglindește și în creșterea productivității muncii care, în anul 1981, a fost de 330 t/om/an, urmînd ca în 1982 aceasta să se ridice la 410 t/om/an, iar la nivelul anului 1985 să ajungă la 750 t/om/an, respectiv să înregistreze o creștere de 227%.

Potrivit indicațiilor conducerii de partid, în fiecare unitate au fost elaborate programe de măsuri, care vizează îmbunătățirea tuturor factorilor care conduc la creșterea acestui deosebit de important indicator.

★

Anul acesta, cînd se împlinesc 17 ani de la desfășurarea lucrărilor celui de-al IX-lea Congres al Partidului Comunist Român, putem aprecia și mai mult meritul acestuia, merit care constă în faptul că la inițiativa și sub îndrumarea directă a tovarășului **Nicolae Ceaușescu** a fost elaborat un plan de dezvoltare a bazei energetice și a electrificării pe o perioadă de 10 ani, plan conceput într-o viziune nouă, superioară, calitativ atît în ceea ce privește asigurarea resurselor energetice cît și modalitățile de utilizare a lor. Planul decenal prevede „intensificarea eforturilor pentru descoperirea de noi rezerve de combustibil, creșterea producției de energie primară, pentru a asigura, în cît mai mare măsură din resursele interne nevoile de energie cerute de dezvoltarea în continuare a economiei naționale".

# Aspecte ale procesului de tăiere cu combina în abatajele frontale complex mecanizate aflate în repliere

Ing. **I. Gâf-Deac**
Intreprinderea minieră Lupeni
stud. **Maria Gâf-Deac**
Institutul de Mine Petroșani

## I. Generalități

Tăierea mecanizată în abatajele cu front lung s-a extins considerabil, generînd rezultate pozitive în producția fizică, productivitatea muncii, siguranța în funcționare și reducerea efortului fizic.

În etapa de față s-au putut stabili criterii eficiente de introducere și punere în funcțiune a combinelor de abataj, funcție de condițiile geologo-miniere specifice și caracteristicile geometrice ale stratului.

Mecanizarea complexă a abatajelor a impus introducerea în circuitul său a unor combine cu parametri tehnici adaptați, într-o perfectă armonie cu tipul susținerii și sistemul de transport.

S-au ivit însă probleme noi legate de soluționarea tăierii a două medii din front cu proprietăți fizico-mecanice diferite, cum sînt cărbunele și intercalațiile sterile dure, intervenindu-se în schemele cinematice ale combinelor sau asupra organelor de tăiere, reglîndu-se diametrul și vitezele periferice ale tamburilor. În acest sens, trei dintre tipurile de forțe care acționează pe făgașul în tăiere, respectiv forțele de impact, smulgere și așchiere s-au restructurat ca mărime și mod de acțiune.

Schemele de tăiere au suferit modificări, tot mai mult teren cîștigînd „tăierea continuă" a frontului, cu eliminarea operației intermediare de curățire a făgașului.

Odată cu trecerea la exploatarea în adîncime a stratelor de cărbune, tectonica acestora se diversifică și crește în dificultate. Preîntîmpinarea faliilor, schimbărilor de direcție ale stratelor, a celorlalte deranjamente tectonice a dus la stabilirea unor scheme noi de tăiere cu combina.

Operația de repliere a abatajului, respectiv staționarea exagerată a unei extremități în timpul avansării cu cealaltă, a determinat restricții privind schemele de tăiere aplicate pînă în prezent.

## II. Soluționarea tăierii într-un abataj în repliere

Condiția principală pentru executarea replierii prin tăierea mecanică a frontului de abataj este aceea a corelării lățimii tamburilor tăietori ai combinei, notată $l_t$, cu unghiul maxim de joc $\alpha$ al jgheaburilor transportorului, valoare pînă la care acesta nu intră în avarie prin avansarea uneia din extremități.

Dealtfel, unghiurile $\gamma_i$ în număr de $i$ sînt identice fiecare cu unghiul maxim de joc $\alpha$ al jgheaburilor, ceea ce înseamnă că unghiul total de repliere al abatajului are expresia:

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i = \prod_{i=1}^{n} i \cdot \alpha \quad (i = 1, 2, 3, \ldots) \qquad (1)$$

în care:

$\gamma$ reprezintă — unghiul total de repliere a abatajului;
$\gamma_i$ — unghiul de repliere funcție de lungimea de front tăiată cu combina, în zona aflată în repliere;
$i$ — numărul unghiurilor date de jocul a două jgheaburi ale transportorului aflat în ripare pentru poziția repliat;
$\alpha$ — unghiul maxim de joc al jgheaburilor transportorului.

Pentru executarea operațiilor de tăiere, pe linia de abataj $P_nQ$ (fig. 1), deci în poziția inițială de pornire a replierii, abatajul se lasă în faza cu transportorul ripat și secțiile pășite în front, iar combina staționează în extremitatea $Q$ a abatajului.

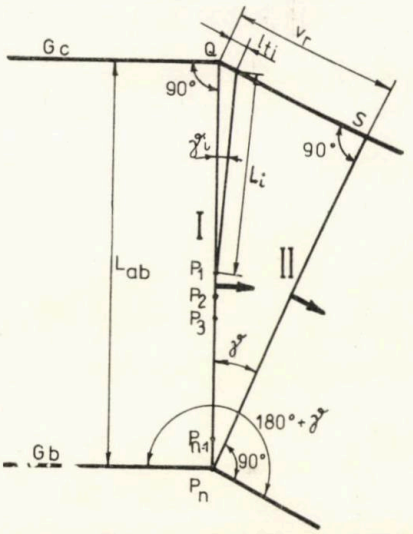



Fig. 1. Elementele de calcul în soluționarea tehnologică a tăierii cu combina într-un abataj frontal complex mecanizat aflat în faza de repliere

Se efectuează prima tăiere de lungime $L_1$, avînd valoarea :

$$L_1 = \frac{l_t}{\sin \gamma_1} = \frac{l_t}{\sin \alpha} \qquad (2)$$

obținîndu-se primul punct reper $P_1$,
în care :

$L_1$ este lungimea primei tăieri cu combina în faza de început a replierii ;

$l_t$ — lățimea tamburilor tăietori ai combinei ;

$\gamma_1$ — primul unghi de repliere funcție de lungimea de front tăiată cu combina în zona de abataj aflată în repliere.

În continuare, procedînd ciclic, se obțin lungimile de front tăiat și se stabilesc corespunzător reperele $P_i$.

$$L_i = \frac{l_{ti}}{\sin \gamma_i} = l_t \frac{i}{\sin (i \cdot \alpha)} \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots) \qquad (3)$$

în care :

$L_i$ reprezintă lungimile de front tăiate cu combina în faza de repliere a abatajului ;

$l_{t_i}$ — lățimea făgașului tăiat de tamburele combinei, care pentru reperul oarecare $i$ este constantă.

Zona de abataj repliată în final și aflată în tăiere este :

$$\sum_{i-1}^{n} (L_{ab} - L_i) = 0 \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots) \qquad (4)$$

cu notațiile :

$L_{ab}$ — lungimea totală a abatajului ;

$L_i$ — lungimea de abataj cu front tăiat pentru un reper din numărul total de tăieri, în zona de repliere.

Pentru poziția finală a replierii (II), cînd abatajul aflat pe linia $P_nS$ este perpendicular pe galeriile de bază $G_B$ și cap $G_c$, rezultă :

$$L_{ab} = \frac{v_r}{\sin \gamma} \qquad (5)$$

în care :

$v_r$ este valoarea replierii exprimată în metri.

Totodată :

$$v_r = \prod_{i-1}^{n} i \cdot l_t \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots) \qquad (6)$$

Punctul final staționar este $P_n$.

Cu valorile date de relațiile (1), (5) și (6), operația de repliere se consideră încheiată.

Numărul de cicluri de tăiere $N$, efectuate cu combina în suprafața repliată, este :

$$N = \frac{v_r}{i} \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots) \qquad (7)$$

Neurmărirea topografică permanentă a operațiilor de tăiere cu combina în zonele în care abatajul este în repliere are consecințe în starea de funcționare a transportorului, în poziția secțiilor de susținere, care deseori se împănează sau se distanțează exagerat între ele.

## III. Aspecte particulare ale procesului de tăiere

Transportoarele cu raclete din dotarea abatajelor au un rol fundamental în determinarea condițiilor de tăiere în fronturile aflate în repliere, datorită actualului principiu constructiv și a parametrilor proprii de funcționare.

Pentru soluționarea tăierii în această situație, intervin două tipuri de mărimi măsurate în plan orizontal, respectiv vertical :

$\alpha$ — unghiul de joc al jgheaburilor în plan orizontal ;

$\beta$ — unghiul de joc al jgheaburilor în plan vertical.

Pentru cîteva tipuri obișnuite de transportoare, în tabelul 1 se redau valorile concrete ale celor două mărimi unghiulare (ocupîndu-ne special de prima), precum și dimensiunile principale de gabarit ale jgheaburilor.

Se desprind cîteva observații :

- Replierea poate fi mai accentuată cu cît unghiul de șerpuire (joc) al jgheaburilor în plan orizontal este mai mare.

- Începerea operației de repliere nu se rezumă numai la măsurarea unghiului de șerpuire al unui singur jgheab. Primul unghi are valoarea maximă ; celealte unghiuri sînt în descreștere pînă la extremitatea staționară a abatajului (respectiv $\alpha$ la limită are valoarea nulă).

- Unghiul de joc al jgheaburilor, măsurat în plan orizontal, folosește pe tronsoane scurte la intrarea combinei în făgașul propriu-zis, în situația în care abatajul este rectiliniu.

- Cu cît transportoarele sînt de capacitate mai mare, cu atît jgheaburile acestora au dimensiuni mai mari. Astfel, prin unghiuri mici de joc ale jgheaburilor se cîștigă, prin translatere, un spațiu mai mare în operația de repliere.

- Unghiul de joc sau de șerpuire a transportorului în plan orizontal a permis în timp, prin perfecționări continue a îmbinărilor, construirea transportoarelor curbe care cîștigă tot mai mult teren de afirmare, mai ales pentru abatajele cu front lung (deversare continuă în galeriile colectoare) și abataje cameră.

Cu toate acestea se semnalează și o problematică dificil de rezolvat în domeniul uzurii transportorului.

Unghiurile mari de joc conduc la crearea unor zone de uzură exagerată la îmbinările jgheaburilor.

O soluție convenabilă pentru anumite porțiuni dintr-un jgheab est tratarea specială sau îmbrăcarea cu fero-aliaje corespunzătoare ca rezistență la uzură prin frecare. Totodată, unghiurile mari de joc duc la împănări ale lanțului în puncte critice de maximă deschidere a jgheaburilor, la uzura lui și a racletelor, la părăsiri frecvente ale ramurilor inferioare și superioare din profilul de glisare.

În sistemul clasic de avansare a combinei pe lanț ancorat la capetele abatajului, la unghiurile mari de depărtare a două jgheaburi apar frecări exagerate între suporții combinei și tuburilor de ghidare fixate pe transportor, energia consumată în plus pentru deplasare mărindu-se cu 15 —20 %.

Cu aceste considerații, în continuare se stabilesc cîteva elemente de calcul a poziției transportoarelor pentru o tăiere optimă cu combinele cînd abatajele respective sînt nevoite să treacă prin procesul de repliere datorat schimbărilor direcției stratului sau evitarea unor deranjamente tectonice.

Din figura 2 se poate determina spațiul cîștigat pentru repliere, funcție de posibilitățile de joc în plan orizontal al jgheaburilor transportorului.

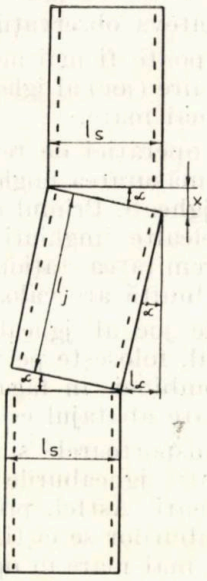



Fig. 2. Determinarea spațiului cîștigat pentru replierea cu ajutorul unghiului de joc în plan orizontal a jgheburilor unui transportor

Cu unele simplificări, spațiul cîștigat pentru replierea transportorului, notat $l_\alpha$, deci împingerea lui în front în vederea introducerii combinei în făgaș, este funcție de unghiul de joc orizontal al jgheaburilor și are expresia :

$$l_\alpha = l_j \cdot \sin \alpha \qquad (8)$$

în care $l_j$ este lungimea jgheabului transportorului.

Făcînd abstracție de rotirea jgheabului și considserînd după mutarea lui cu unghiul $\alpha$ față de cel anterior că s-a efectuat o poziționare cvasiliniară a punctelor extreme de cuplare, valoarea depărtării acestora se exprimă astfel :

$$x = l_s \cdot \operatorname{tg} \alpha \qquad (9)$$

în care :

$x$ este mărimea depărtării unei extremități a jgheabului față de alta;

$l_s$ — lățimea jgheabului.

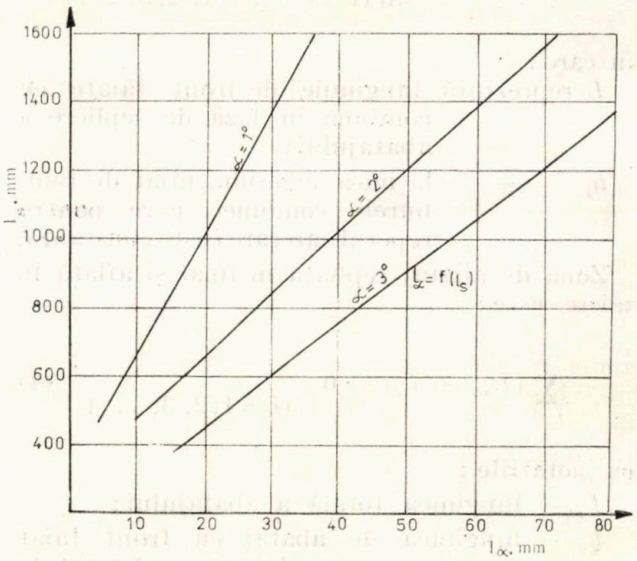



Fig. 3. Dependența dintre lățimea jgheaburilor de transportor și spațiul cîștigat pentru repliere cu un unghi dat (generalizare)

În figura 3, pentru un grup de transportoare în mod generalizat, se stabilește dependența între $l_s$ și $l_\alpha$, cu semnificații în cîștigarea spațiului repliat, funcție de dimensiunile de gabarit ale jgheaburilor.

Pe baza datelor obținute, în figura 4 s-au trasat, cu ajutorul elementelor de calul, curbe comparative pentru diferite tipuri de transportoare, în vederea stabilirii depărtării între extremitățile jgheaburilor la un joc în plan orizontal după valori unghiulare date.

Se face mențiunea că studiul elementelor de mai sus este efectuat pentru cazul special al deplasării între două jgeaburi vecine, în

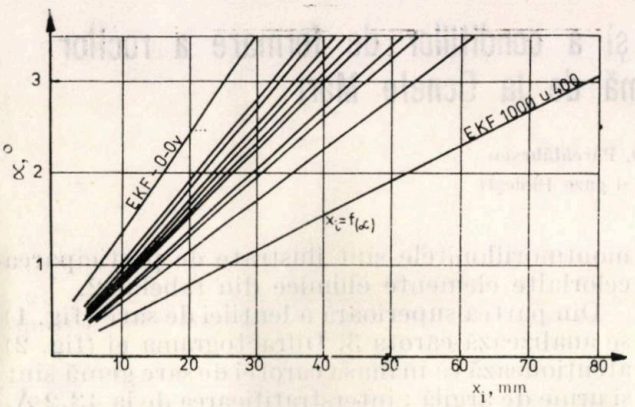



Fig. 4. Stabilirea depărtării între extremităţile jgheaburilor la un joc în plan orizontal după valori unghilare date pentru diferite tipuri de transportoare

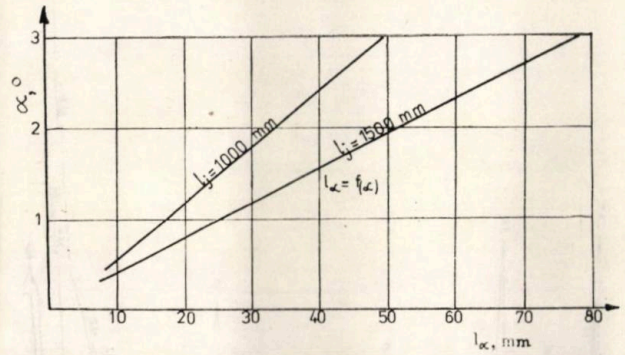



Fig. 5. Graficul cîştigat în repliere pentru diferite unghiuri de şerpuire în plan orizontal şi diferite lungimi ale jgheaburilor transportorului

consecinţă în figura 5 se redă graficul spaţiului cîştigat în repliere pentru diferite valori ale unghiului de şerpuire în plan orizontal şi diferite lungimi ale jgheaburilor transportoarelor.

## Concluzii

Se desprind următoarele aspecte particulare ale tăierii cu combina în abataj.

**1.** Actualul sistem de mutare a transportorului în făgaşul tăiat va rămîne valabil, încă o perioadă, în special pentru abatajele cu front lung, datorită principiului lor constructiv în această etapă. Astfel, caracterul constructiv-modular al transportoarelor va persista, însă ele vor avea un domeniu mai larg al unghiurilor de joc în plan orizontal şi vertical.

Perfecţionarea transportoarelor în această etapă cuprinde cel puţin :

— mărirea puterii de acţionare ;

— fund dublu protector la căderi ale lanţului cu evitarea uzurii şi consumului suplimentar de energie prin frecare cu roca din vatră ;

— generalizarea lanţului dublu median ;

— perfecţionarea formei şi funcţiilor racletelor pentru evitarea uzurilor la creşteri tot mai mari ale unghiurilor de joc a jgheaburilor.

**2.** Tăierea cu combina implică jocul de poziţie permanent în tronsoane a jgheaburilor transportorului, ceea ce determină în procesul de exploatare situaţia de abataj cvasiliniar permanent.

**3.** Transportoarele de mare capacitate se pretează la condiţia soluţionării tăierii frontului de abataj cu combinele, întrucît cei doi parametri unghiulari $\alpha$ şi $\beta$ (jocul orizontal şi vertical al jgheaburilor) sînt mai convenabili din punct de vedere tehnic, în această situaţie, avînd valori mai mari.

**4.** În toate cazurile se recomandă :

— verificarea la uzură a jgheaburilor ;

— înlocuirea jgheaburilor uzate ;

— interzicerea funcţionării transportorului dacă nu este asigurată densitatea racletelor pe lanţ ;

— interzicerea depăşirii valorilor limită admise pentru unghiurile $\alpha$ şi $\beta$ ;

— respectarea criteriului de front de abataj rectiliniu (cvasiliniar permanent).

**5.** Este necesar studiul şi aplicarea unor sisteme noi de rulare a combinei pe cremalieră cu autoghidare şi prindere pe transportor. Eliminîndu-se lanţul combinei, unghiurile de joc vor avea alte valori, contribuind la fiabilitatea în funcţionare a transportorului.

**6.** Studiul tăierii şi unghiurilor de şerpuire în plan orizontal şi vertical, precum şi stabilirea elementelor de calcul a poziţiei transportoarelor ajută la clarificarea şi fundamentarea problemelor legate de construcţia şi funcţionarea transportorului curb, care, în timp relativ scurt, va putea fi folosit şi în minele din ţara noastră.

**7.** Soluţionarea tăierii cu combina într-un abataj în repliere solicită urmărirea topografică minuţioasă, iar poziţia transportorului în acest proces cere atenţie deosebită.

**8.** Tăierea mecanizată s-a extins considerabil în subteran, ceea ce implică stabilirea unor criterii eficiente de introducere şi punere în funcţiune a combinelor, studiile mai atente pe această tematică fiind justificate.

# Asupra compoziției chimico-mineralogice și a condițiilor de formare a rocilor zăcămîntului de sare gemă de la Ocnele Mari

Prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**
Institutul de petrol și gaze Ploiești

Analiza chimico-mineralogică a 15 carote extrase din zăcămîntul de sare gemă de la Ocnele Mari ne permite să formulăm, prin prisma cercetărilor roentgenostructurale, chimico-spectrale și geochimice, cîteva considerații asupra condițiilor de formare a acestui zăcămînt.

Poziția spațială a celor 15 carote (fig. 1) ne oferă o imagine nu numai asupra lentilei de sare gemă (carotele 3 — 11), ci și asupra rocilor din culcușul lentilei de sare (carotele 12—15), precum și asupra rocilor din acoperiș (carotele 1—2).

Acoperișul a fost analizat prin carota 1— o argilă așa cum indică diafractograma de raze

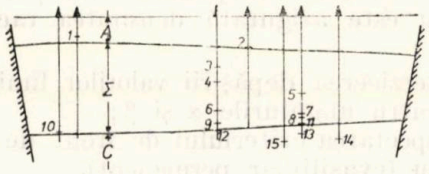


Fig. 1. Schița pozițiilor carotelor în corpul lentilei de sare, în culcuș și în acoperiș.

X 1 (fig. 2) și tabelul 1. Argila este constituită din următoarele rețele cristaline [19] : interstratificația mixtă montmorillonit-illit (28,8 Å), cu o participare însemnată apreciind după intensitatea pikului 7,48 Å, căruia îi urmează [3 ; 18] thomsonitul (2,85 Å) și gipsul (3,06 Å), prezent fiind și montmorillonitul (16,8 Å). Participarea gipsului este subliniată și de analiza chimico-spectrală (tab. 2) prin participarea ridicată a Ca ($\simeq$ 30 %). Thomsonitul (tab. 3) contribuie și el la participarea Ca și Na. Illitul aduce participarea K în gama indicată în tabelul 2, iar montmorillonitul include în rețea o parte din celelalte elemente chimice de participare minoră [16].

Din baza acoperișului, mai precis din zona de contact argilă-sare, se analizează carota 2, care, așa cum indică roentgenograma 2 (fig. 2, tab. 1), include rețelele cristaline de tip : montmorillonit-illit (29,4 Å), correnșit în participare însemnată, apreciind după intensitățile liniilor caracteristice de la 14,2 Å, 7, 1 Å și 3,55 Å, illit-clorit-montmorillonit (3,33 Å), illit (9,97 Å), montmorillonit (15,6 Å, 3,18 Å). Este prezentă și sarea gemă (2,814 Å). Analiza chimico-spectrală prin parametrul $I_t - I_f$ pentru K subliniază prezența illitului, prin același parametru dar pentru Na prezența sării geme, cloritele și montmorillonitele sînt ilustrate de participarea celorlalte elemente chimice din tabelul 2.

Din partea superioară a lentilei de sare (fig. 1) se analizează carota 3. Difractograma ei (fig. 2) atenționează că în masa carotei de sare gemă sînt și urme de argilă : interstratificarea de la 43,2 Å, care este de tipul illit-clorit-montmorillonit (10 + 14 + 19,2), pikul din domeniul 7 Å indică prezența cloritelor, iar cel de la 11,8 Å

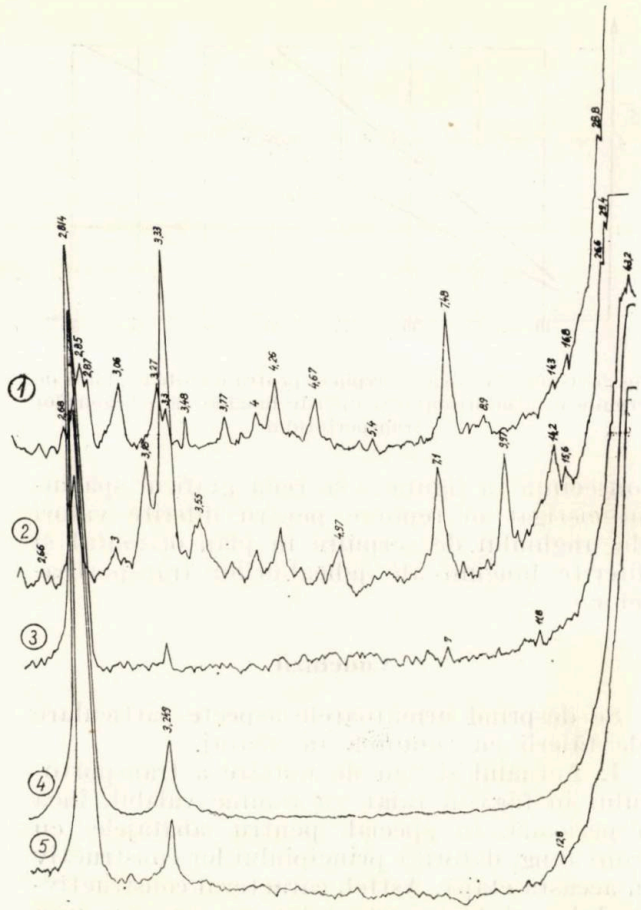


Fig. 2. Difractograme de raze X.

participarea montmorillonitelor [19], subliniată și de prezența în analiza chimico-spectrală (tab. 2) a elementelor chimice Al, Ca, Ti, B, Cu.

Din aceeași sondă, dar ceva mai din adîncime, s-a analizat carota 4. Difractograma 4, dar mai ales analiza chimico-spectrală (fig. 3, tab. 2) pun în evidență o sare gemă extrem de curată.

Dintr-o zonă mai estică și de la o adîncime mai mare (fig. 1) se prezintă carota 5. Difrac-

*Tabelul 1*

**Parametrii analizei roentgenostructurale**

| Sare gemă | | Mirabilit | | Gips | | Anhidrit | | Burkeit | | Termonatrit | | Calcit | | Thomsonit | | Phillipsit | | Illit | | Montmoril-lonit | | Corrensit | | Montmorillonit-illit | | Illit-clorit-montmorillonit | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/I | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 38,8 | fp |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 28,4 | fp | 28,8 | fp | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19,4 | p |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18,8 | fp | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14,2 | 6 | 14,4 | p | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12,0 | m |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9,9 | 8 | 9,4 | p | | | 9,6 | p | 9,7 | m |
| | | | | | | | | | | | | | | 8,0 | 6 | 7,64 | 10 | | | | | | | | | 7,7 | p |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 6,91 | 10 | | | | | 7,1 | 10 | 7,2 | m | | |
| | | 5,5 | 10 | | | | | | | 5,28 | 4 | | | 5,8 | 6 | 5,24 | 4 | | | 6,3 | m | | | 5,8 | p | 5,5 | m |
| | | 4,8 | 5 | | | | | | | | | | | 4,67 | 8 | | | 4,9 | 6 | | | | | 4,8 | m | 4,8 | m |
| | | | | 4,267 | 9 | | | | | | | | | 4,35 | 4 | 4,25 | 6 | 4,45 | 9 | | | | | | | 4,3 | m |
| | | | | | | | | | | | | | | 4,07 | 4 | 4,07 | 6 | | | | | | | | | | |
| | | 3,82 | 3 | | | | | 3,87 | 6 | | | 3,86 | 2 | | | | | 3,87 | 6 | 3,8 | p | | | | | 3,9 | m |
| | | | | | | 3,49 | 10 | 3,50 | 6 | | | | | 3,48 | 8 | 3,53 | 4 | | | | | 3,55 | 5 | | | 3,5 | m |
| | | | | | | | | | | | | 3,33 | 4 | 3,30 | 8 | | | 3,33 | 9 | | | | | 3,33 | fp | 3,33 | fp |
| 3,249 | 2 | 3,22 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,2 | m |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 3,18 | 10 | 3,17 | 5 | 3,18 | p | | | | | | |
| | | 3,10 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 3,058 | 10 | | | | | 3,04 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 3,02 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 2,94 | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | 2,864 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,88 | p | | |
| | | | | | | 2,85 | 8 | | | | | | | 2,85 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| 2,814 | 9 | | | | | | | 2,81 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 2,755 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 2,676 | 8 | | | | | 2,67 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 2,62 | 7 | | | | | | | | | 2,61 | 6 | | | | | | | | |

**Parametrii analizei**

| Nr. carotei | Descrierea litologică | Si | Al | | Ca | | | Mg | Fe | Mn | Na | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | λ=2568,64 Å | λ=2652,49 Å | λ=3050,08 Å | λ=3181,27 Å | λ=2721,64 Å | λ=3269,10 Å | λ=2782,97 Å | λ=2990,37 Å | λ=2933,06 Å | λ=3302,98 Å | λ=3446,72 Å |
| | | Parametrul | | | | | | | | | | |
| 1 | Argilă | 3 | 87 | 14 | 98 | 40 | 4 | 80 | — | — | 14 | 3 |
| 2 | Argilă cu sare | 8 | 110 | 28 | 33 | 15 | — | 114 | 5 | 4 | ∞ | 9 |
| 3 | Sare | — | 7 | — | 5 | — | — | — | — | — | ∞ | — |
| 4 | Sare | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ∞ | — |
| 5 | Sare | — | 4 | — | 6 | — | — | — | — | — | ∞ | — |
| 6 | Sare cu argilă | 32 | 118 | 33 | 37 | 16 | — | 118 | 5 | — | ∞ | 12 |
| 7 | Sare cu argilă | 42 | 97 | 20 | 35 | 16 | — | 88 | 5 | 3 | ∞ | 12 |
| 8 | Sare cu argilă | 10 | 90 | 18 | 34 | 14 | — | 95 | 2 | 2 | ∞ | 12 |
| 9 | Sare | — | 11 | — | 8 | — | — | 2 | — | — | ∞ | — |
| 10 | Sare | — | 11 | — | 20 | 2 | — | 4 | — | — | ∞ | — |
| 11 | Sare | — | 9 | — | 18 | 1 | — | 10 | — | — | ∞ | — |
| 12 | Anhidrit | 8 | 100 | 24 | 60 | 30 | 3 | 90 | — | — | 50 | — |
| 13 | Marnă | 32 | 115 | 30 | 48 | 20 | — | 107 | 4 | 2 | ∞ | 20 |
| 14 | Marnă | 33 | 100 | 21 | 24 | 3 | — | 110 | — | — | ∞ | 6 |
| 16 | Marnă | 19 | 89 | 17 | 107 | 44 | 11 | 99 | 5 | 5 | ∞ | 5 |
| Estimarea [14] gamei participării, % | | 10 | 0,03 | 30 | 1 | 10 | 30 | 0,1 | 3 | 0,03 | 0,3 | 1 |

tograma 5 şi analiza chimico-spectrală indică în masa sării geme prezenţa montmorillonitului (12,8 Å).

De la o adîncime şi mai mare se analizează carota 6, care, aşa cum indică difractograma 6 din figura 3, conţine, alături de sarea gemă şi argilele anterior prezentate, mineralul donbasit (4,78 Å) într-o participare însemnată, apreciind după parametrii analizei roentgenostructurale [12]. Prezenţa donbasitului, mineral din familia cloritelor $(AlNaMgCa)_4$ $[OH]_8$ $\{Si_3AlO_9[OH]\}$, aduce, împreună cu corrensitul în analiza chimico-spectrală (tab. 2), o participare ridicată pentru Mg.

Ceva mai din adîncime se analizează carota 7. Difractograma 7 pune în evidenţă [12] prezenţa montmorillonitelor în varietăţile: nontronit (4,56 Å), a cărui formulă chimico-mineralogică este $(FeAl)_2$ $[OH]_2$ $\{Si_4O_{10}\}mH_2O$, ablîkit (5,2 Å) cu formula $(AlFe)[OH]_8\{Si_4O_{10}\}n$ $H_2O$ şi interstratificarea mixtă ordonată illit-clorit-montmorillonit în subordonare. Participarea sării geme este predominantă (2,814 Å). Prezenţa nontronitului şi ablîkitului este atestată şi de analiza chimico-spectrală (tab. 2).

Carota 8 conţine, după indicaţiile difractogramei 8, alături de sarea gemă, interstratificarea mixtă ordonată illit-clorit-montmoril-

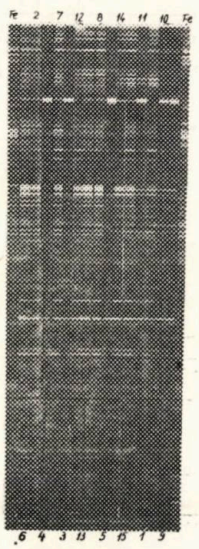


Fig. 3. Spectre de emisie.

*Tabelul 2*

**chimico-spectrale**

| Ba | Sr | Ti | V | Ni | Cr | Co | Mo | Ru | B | Be | Li | Ga | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| λ=3071,59 Å | λ=3464,45 Å | λ=3186,45 Å | λ=3185,39 Å | λ=3050,82 Å | λ=3014,91 Å | λ=3453,5 Å | λ=3132,59 Å | λ=3498,94 Å | λ=2496,77 Å | λ=3150,41 Å | λ=3232,61 Å | λ=2943,63 Å | λ=3273,96 Å |
| spectral $I_t$—$I_f$ | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | 35 | 13 | — | — | — | 1 | 5 | 12 | 1 | 3 | 2 | 6 |
| 13 | 12 | 66 | 13 | 20 | 15 | 1 | 1 | 3 | 28 | 1 | 6 | 2 | 20 |
| — | — | 3 | — | — | — | — | — | — | 13 | — | — | — | 2 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 9 |
| 13 | 9 | 67 | 18 | 28 | 4 | 1 | 1 | 1 | 34 | 1 | 7 | 2 | 25 |
| 17 | 14 | 81 | 30 | 36 | 8 | 2 | 1 | 2 | 39 | 2 | 13 | 4 | 43 |
| 6 | 7 | 54 | 19 | 9 | 12 | 2 | 1 | 3 | 18 | 1 | 6 | 1 | 19 |
| — | — | 9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| — | — | 9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3 |
| — | — | 6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3 |
| 10 | — | 31 | — | 2 | — | — | — | 10 | 9 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 18 | 12 | 76 | 22 | 22 | 4 | 1 | 1 | 3 | 47 | 1 | 7 | 2 | 28 |
| 5 | — | 20 | — | 5 | — | — | — | 2 | 13 | — | 4 | 2 | 4 |
| 10 | 6 | 54 | 15 | 11 | 9 | — | 1 | 2 | 25 | 1 | 6 | 2 | 11 |
| 0,1 | 0,1 | 0,03 | 0,03 | 0,003 | 0,03 | 0,01 | 0,001 | 0,03 | 0,03 | 0,001 | 0,01 | 0,003 | 0,003 |

lonit (38,8 Å) și montmorillonite (20 Å, 16 Å, 10 Å, 3,18 Å). Analiza chimico-spectrală resubliniază prezența aluminosilicaților menționați.

Carota 9, alături de predominarea sării geme, are în alcătuirea ei, bine reprezentat, mineralul mirabilit (5,5 Å), din clasa sulfaților (tab. 3). Montmorillonitele au o participare însemnată (3,92 Å, 4,42Å, 11,5 Å, 21,6 Å), cloritele nu sînt prezente — analiza chimico-spectrală indică reducerea Mg, iar Ca și-a redus simțitor participarea, ilustrînd doar prezența montmorillonitelor.

Din partea vestică a zăcămîntului (fig. 1) se analizează carota 10. În carotă predominarea netă revine sării geme, mirabilitul își reduce participarea, în mod sensibil, în schimb își face simțită prezența anhidritul (3,49 Å). Argilele sînt reprezentate mai bine de interstratificarea mixtă ordonată illit-clorit-montmorillonit (40 Å). Analiza chimico-spectrală resubliniază această compoziție, anhidritul aducînd participarea Ca în gama a 10%.

Din partea estică a zăcămîntului și din baza lentilei de sare se analizează carota 11, a cărei difractogramă pune în evidență predominarea netă a sării geme, dar și prezența argilelor de tip montmorillonit-clorit (29,4 Å), montmorillonite și clorite. Nu există illit—lipsește parametrul d/n = 3,32 Å și K în analiza chimico-spectrală (tab. 2). Anhidritul (3,49 Å) își face simțită prezența, la fel și burkeitul (3,87 Å).

Difractograma 12 (fig. 5) indică predominarea netă a anhidritului (3,49 Å) atestată și de analiza chimico-spectrală, unde Ca atinge un grad de participare de 30%. Analiza chimico-spectrală pune în evidență și participarea aluminosilicaților, concordantă cu analiza roentgenostructurală, difractograma 12 evidențiind prezența interstratificării illit-clorit-montmorillonit (39,4 Å), corrensit, clorit și montmorillonit. În carotă își face simțită prezența și burkeitul (3,87 Å).

Difractograma 13 (fig. 5) apare ca distinctă față de cele prezentate anterior, prin multitudinea de pikuri deosebit de expresive, care pun în evidență participarea următoarelor rețele cristaline (tab. 1): interstratificarea mixtă illit-clorit-montmorillonit (3,32 Å), corrensit (14,2

**Formule chimico-mineralogice și gradul de participare a mineralelor**

| Carota | Clasa | Cloruri | ← Sulfați → ←Carbonați → | | | | | | ← Alumino-silicați → | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mineralul | Sare gemă | Mirabilit | Gips | Anhidrit | Burkeit | Termonatrit | Calcit | Thomsonit | Phillipsit | Illit | Clorit | Montmorillonit | Interstratificări mixte |
| | Formula chimico-mineralogică | NaCl | $Na_2SO_4 10\ H_2O$ | $Ca\ SO_4 2H_2O$ | $CaSO_4$ | $2\ Na_2SO_4 Na_2CO_3$ | $Na_2CO_3 H_2O$ | $CaCO_3$ | $Ca_4Na_2[Al_{10}Si_{10}O_{40}]12H_2O$ | $Ca_{1,7}K_2[Al_5Si_{10}O_{32}]nH_2O$ | $K_{<1}(AlFe)_2[OH]_2\{AlSi_3O_{10}\}\ nH_2O$ | $(MgFe)_{6-2x}(AlFe)_{2x}[OH]_8\{Si_{4-2x}Al_{2x}O_{10}\}$ | $Al_2[OH]_2\{Si_4O_{10}\}mH_2O$ | I—C—M; M—I; C—Cu; M—C |
| 1 | | | | Mo | | | | | Mu | | | | Mu | Fm |
| 2 | | Mo | | | | | | | | | Mu | Mu | Mu | Mu |
| 3 | | Pr | | | | | | | | | | U | U | Fp |
| 4 | | Ex | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | Pr | | | | | | | | | | | P | |
| 6 | | Pr | | | | | | | | | Mp | Mo | Mo | Mo |
| 7 | | Pr | | | | | | | | | P | Fp | Mu | Mo |
| 8 | | Fm | | | | | | | | | P | P | Mo | Mo |
| 9 | | Pr | Mo | | | | | | | | | | Mu | |
| 10 | | Pr | | | P | | | | | | | | P | Mo |
| 11 | | Pr | | | Mo | P | | | | | | P | Mo | P |
| 12 | | | | | Pr | P | | | | | | P | P | Mu |
| 13 | | | | Mo | | Mo | | P | | Mu | Mu | Mu | Mu | Mu |
| 14 | | | | P | | Mo | P | Mo | | | Mo | P | Mu | Mo |
| 15 | | | | Fp | | Mu | Mo | Mu | | | P | Fp | Fm | Mo |

Ex-exclusivă Fm-foarte multă Mo-moderată Fp-foarte puțină
Pr-predominantă Mu-multă P-puțină U-urme

Å, 7,08 Å, 3,53 Å), illit (10 Å), montmorillonite (21,2 Å, 18,4 Å, 12,6 Å), phillipsit (7,64 Å, 6,91 Å, 3,18,Å), burkeit (2,81 Å, 3,87 Å), gips (3,06 Å), calcit (3,01 Å). Analiza chimico-spectrală prin intensităţile parametrului spectral $I_t - I_f$ resubliniază participarea reţelelor cristaline menţionate şi implicit şi formulele chimico-mineralogice din tabelul 3.

În difractograma 14 calcitul are o participare mai ridicată în comparaţie cu situaţia din

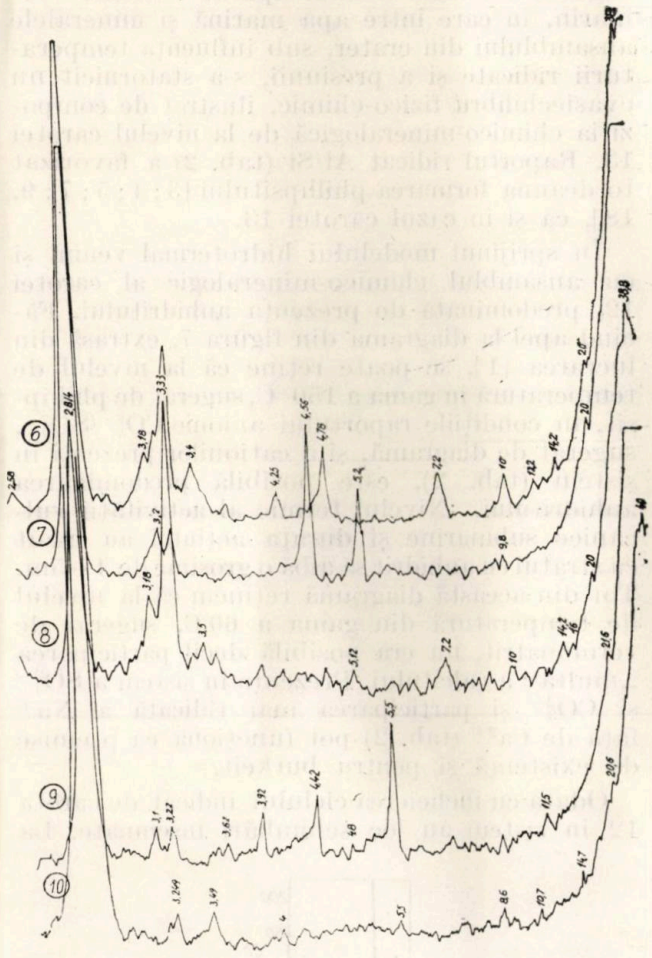


Fig. 4. Difractograme de raze X.

carota 13. În această probă este prezent, într-o participare moderată, burkeitul (3,87 Å). Argilele întîlnite anterior îşi continuă participarea importantă, însă fără prezenţa tricomponentei illit-clorit-montmorillonit, lipseşte parametrul 3,3 Å. Analiza chimico-spectrală, prin intensităţile parametrului spectral $I_t - I_f$, atestă indicaţiile difractogramei. Prezenţa cloritelor ridică gradul de participare a Mg, participarea burkeitului conduce în analiza chimico-spectrală mărimea intensităţii parametrului spectral pentru Na spre „infinit". Participarea calcitului aduce Ca în gama a 10%.

Carota 15 conţine, după indicaţiile difractogramei 15, reţeaua de tip montmorillonit (18,8 Å) în proporţie însemnată, interstratificarea illit-clorit-montmorillonit (3,32 Å), illit (9,8 Å), cărora li se alătură, în participare importantă, calcitul (3,01 Å) şi burkeitul (2,81 Å). Parametrul spectral $I_t - I_f$ pentru Ca (tab. 2), a cărui participare depăşeşte 30%, atestă participarea calcitului, prin participarea Mg şi Fe se subliniază prezenţa cloritelor, iar participarea Na atestă prezenţa în carotă a burkeitului şi a termonatritului — un carbonat de sodiu cu

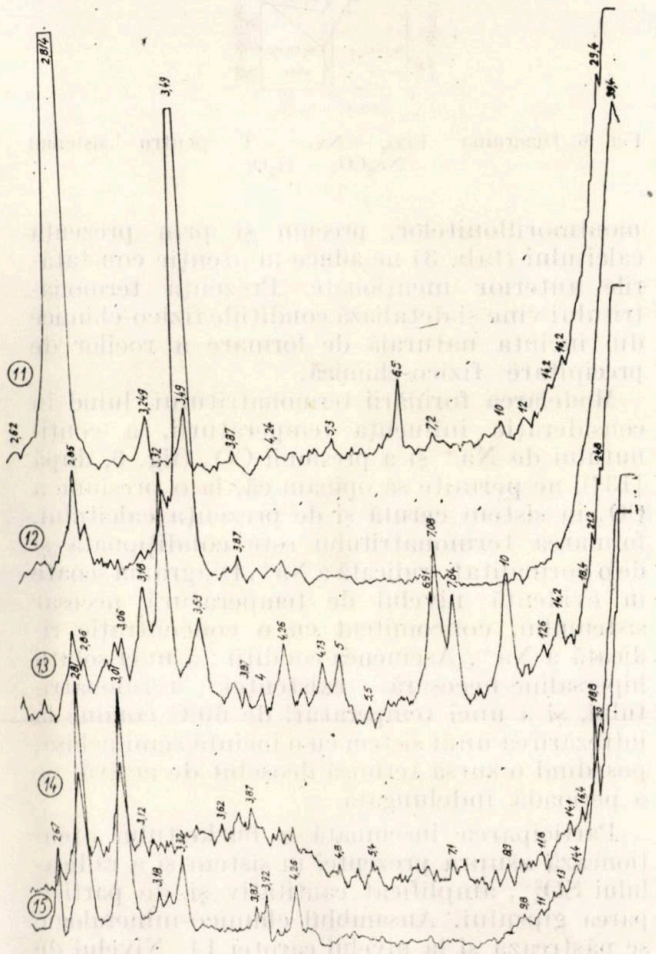


Fig. 5. Difractograme de raze X.

o singură moleculă de apă (tab. 3), ultimul pus în evidenţă [12] de difractograma de raze X prin parametrul d/n = 2,67 Å.

Ansamblul chimico-mineralogic pus în evidenţă în această cercetare ne permite, folosind unele cercetări geochimice [1 ; 2 ; 4 ; 5 ; 10 ; 13], să întrezărim următorul model fizico-chimic de formare a mediului solid al zăcămîntului de sare gemă de la Ocnele Mari.

Argilele, de genul celor prezentate în lucrare, sînt considerate în general [6] ca indicatori ai temperaturilor scăzute şi ai presiunilor ridicate în bazinele marine. Montmorillonitele sînt asociate cu concentraţiile mai ridicate ale elementelor chimice alcalino-teroase şi p$H$-uri relativ ridi-

cate [3]. Prezența carbonaților este asociată [2] cu presiuni modeste. Presiunile și temperaturile simultan ridicate pentru $CO_2$ în apele de zăcămînt distrug carbonații [15].

Ansamblul chimico-mineralogic de la nivelul carotei 15, prin participarea predominantă a

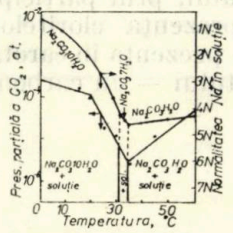



Fig. 6. Diagrama $P_{CO_2} - N_{Na^+} - T$ pentru sistemul $Na_2CO_3 - H_2O$.

montmorillonitelor, precum și prin prezența calcitului (tab. 3) ne aduce în atenție constatările anterior menționate. Prezența termonatritului vine și detaliază condițiile fizico-chimice din incinta naturală de formare a rocilor de precipitare fizico-chimică.

Modelarea formării termonatritului, luînd în considerație influența temperaturii, a conținutului de $Na^+$ și a presiunii $CO_2$ (fig. 6, după [13]), ne permite să opinăm că, la o presiune a $CO_2$ în sistem cerută și de prezența calcitului, formarea termonatritului este condiționată și de o normalitate ridicată a $Na^+$. Diagrama scoate în evidență nivelul de temperatură necesar sistemului, concomitent cu o concentrație ridicată a $Na^+$. Asemenea condiții : a unei soluții hipersaline-necesară existenței termonatritului, și a unei temperaturi de 60°C conduc la întrezărirea unui sistem cu o incintă semiînchisă, posedînd o sursă termică deosebit de activă, pe o perioadă îndelungată.

Participarea însemnată a burkeitului atenționează asupra prezenței în sistem și a radicalului $SO_4^{2-}$, amplificat cantitativ și de participarea gipsului. Ansamblul chimico-mineralogic se păstrează și la nivelul carotei 14. Nivelul de temperatură indicat și participarea însemnată a anionilor se cer explicate și noi emitem ipoteza că le putem atribui exhalațiilor vulcanice submarine [10; 17]. În sprijinul acestei ipoteze, a unei activități vulcanice submarine, aducem și ansamblul chimico-mineralogic de la nivelul carotei 13, unde zeolitul de tip phillipsit completează afirmația anterioară. Phillipsitul este în general zeolitul caracteristic sedimentelor marine [3; 7; 9], acest zeolit formîndu-se prin alterare hidrotermală submarină [4; 7], dintr-o rocă andezitică [18], depusă într-un mediu marin [6], așa cum indică și analizele chimice ale prezentei cercetări. Asocierea phillipsitului cu smectitele prezentei cercetări a mai fost subliniată de numeroase lucrări prezentate la primul congres internațional asupra zeoliților naturali (1976).

Alterarea hidrotermală a sticlei vulcanice și transformarea la phillipsit, modelată în condiții de laborator de lucrarea [5], pune în evidență apariția phillipsitului, în sistem închis V = constant la un timp mai scurt, dar la temperatura de 200°C, și în sistem deschis la 150°C, dar la un timp de peste două ori situația sistemului închis.

Prezența exhalațiilor și cenușei vulcanice pe care o implicăm în formarea phillipsitului ne sugerează imaginea unui aparat vulcanic submarin, în care între apa marină și mineralele ansamblului din crater, sub influența temperaturii ridicate și a presiunii, s-a statornicit un cvasiechilibru fizico-chimic, ilustrat de compoziția chimico-mineralogică de la nivelul carotei 13. Raportul ridicat Al/Si (tab. 2) a favorizat totdeauna formarea phillipsitului [3; 4; 5; 7; 9, 18], ca și în cazul carotei 13.

În sprijinul modelului hidrotermal venim și cu ansamblul chimico-mineralogic al carotei 12, predominată de prezența anhidritului. Făcînd apel la diagrama din figura 7, extrasă din lucrarea [1], se poate reține că la nivelul de temperatură în gama a 150 °C, sugerat de phillipsit, în condițiile raportului anionic $CO_3^{2-}/SO_4^{2-}$, sugerat de diagramă, și a cationilor prezenți în sistem (tab. 2), este posibilă predominarea anhidritului. Nivelul termic al activității vulcanice submarine și durata acțiunii au făcut ca stratul cu anhidrit să aibă o grosime de 4—5m. Tot din această diagramă reținem că la nivelul de temperatură din gama a 60°C, sugerat de termonatrit, nu era posibilă decît participarea „multă" a calcitului. Prezența în sistem a $SO_4^{2-}$ și $CO_3^{2-}$ și participarea mai ridicată a $Na^+$ față de $Ca^{2+}$ (tab. 2) pot funcționa ca premise de existență și pentru burkeit.

Odată cu încheierea ciclului indicat de carota 12 în sistem au loc schimbări însemnate. La

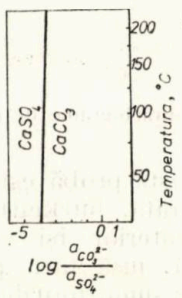



Fig. 7. Variația raportului anionic cu temperatura, determinat după ecuația lui van't Hoff.

nivelul carotei 11 se observă o variație a ansamblului chimico-mineralogic. Anhidritul își reduce participarea, pentru a dispare la finele ciclului indicat de carota 10. Burkeitul își reduce participarea și dispare la începutul nivelului indicat de carota 10. Așa indică și modelul sugerat de diagrama din figura 7, atunci cînd

are loc reducerea de temperatură. În acest interval predominarea netă o are sarea gemă, care necesită o căldură de formare (la 25°C) de numai —98,2 Kcal/mol, în comparaţie cu anhidritul — 345,8 Kcal/mol sau calcitul — 289,0 Kcal/mol.

Participarea argilelor se observă că a fost foarte moderată. La finele ciclului indicat de carota 11 se poate reţine şi o diminuare a influenţei în sistem a $CO_3^{2-}$ şi $SO_4^{2-}$ în formarea mineralelor. Mirabilitul, prezent în carota 9, nu mai este identificat în carota 8, ilustrînd că la finele ciclului, pus în evidenţă de carota 9, nivelul de temperatură din sistem iar cunoaşte o modificare. La nivelul presiunii atmosferice mirabilitul cristalizează la temperatura de 32°C, desigur că la condiţiile de presiune din craterul vulcanului submarin, aflat numai în stare de exhalaţie, temperatura este mai ridicată, deoarece creşterea de presiune din sistem atrage şi ridicarea temperaturii de cristalizare.

Principalul ce trebuie reţinut este că odată cu încetarea ejecţiei cenuşii vulcanice exhalaţiile şi-au redus din intensitate de asemenea şi temperatura din craterul vulcanului. Noile condiţii fizico-chimice au făcut ca ciclurile dintre carotele 11 — 9 să fie predominate de prezenţa sării geme. Echilibrele privind clorurile metalelor alcaline şi alcalino-teroase ar putea fi cercetate şi înţelese dacă s-ar lua în considerare supoziţia lui White referitoare la faptul că NaCl este principalul component ce se poate forma în fluide supercritice fierbinţi [10]. Este cunoscut că sarea gemă se poate forma [11] şi prin sublimare pe cratere sau în crăpăturile lavelor vulcanice, atunci cînd vulcanismul se desfăşoară subaerian. În condiţiile vulcanismului submarin starea fizico-chimică fiind distinctă, s-ar putea pleca de la supoziţia lui White pentru a modela în laborator condiţiile din natură.

Odată cu ciclul indicat de carota 8 se observă în sistem o creştere a participării argilelor, cu tendinţa de a se reduce către finele ciclului carotei 6. În acest interval sarea gemă este predominantă. Odată cu nivelul indicat de carota 5 argilele îşi reduc participarea şi apoi dispar la nivelul ciclului carotei 4, unde sarea gemă este în exclusivitate, pentru ca la nivelul dat de carota 3 argilele să reapară, ca uşoare urme, impurificînd modest sarea gemă, pentru ca în ciclul indicat de carota 2 să observăm participarea moderată a sării geme şi participarea multă a argilelor. Cu finele acestui ciclu se încheie depunerea lentilei de sare, care este acoperită de argila indicată de carota 1.

Urmărind compoziţia chimico-mineralogică a argilelor care impurifică sarea gemă (tab. 2 şi 3) reţinem că sistemul fizico-chimic a cunoscut variaţii în compoziţia chimică, atît pentru anioni, cît şi pentru cationi, variaţii de presiune-nivelul incintei din craterul vulcanului se reducea prin depunerea rocilor de precipitaţie fizico-chimică, de asemenea temperatura şi-a variat nivelul, pentru ca în ciclul carotei 1 să observăm, din ansamblul chimico-mineralogic, o nouă stare fizico-chimică. Argilele au o compoziţie chimico-mineralogică cloritică-montmorillonitică, gipsul apare prezent sugerînd prin similitudine cu starea carotei 13, o participare însemnată a anionului $SO_4^{2-}$, iar prezenţa zeolitului thomsonit [9; 18] pune în evidenţă din nou o activitate vulcanică de genul celei schiţate pentru nivelul indicat de carota 13. Deoarece thomsonitul este un zeolit bogat în Ca şi gipsul are o participare moderată se poate reţine că în incinta de formare chimismul sistemului era influenţat de prezenţa calciului.

Participarea montmorillonitelor şi a cloritelor indică ape marine, montmorillonit-cloritele putîndu-se forma din rocile coşului vulcanic, transformate de fluidele acide [10; 17] generate de manifestările exhalaţiilor vulcanice, de astă dată preponderent solfatariene, de unde supoziţia că activitatea exhalaţiilor vulcanice a continuat cu diferite intensităţi tot timpul depunerii lentilei de sare, prezenţa exhalaţiilor atestînd că temperatura sistemului vulcanic a menţinut un gradient termic ridicat, determinînd în incinta semiînchisă a coşului vulcanic o stare supercritică fierbinte [10], capabilă să genereze depunerea sării geme, hipersalinitatea incintei favorizînd şi prezenţa cloritelor şi montmorillonitelor [3]. Activitatea ejecţiei de cenuşă din timpul carotei 1 a creat un ecran termic superior, lentila de sare gemă fiind, în final, cuprinsă între două scuturi impermeabile cu temperaturi ridicate, care opinăm că au determinat condiţiile fizico-chimice ale definitivării lentilei de sare gemă.

În concluzie se poate reţine că dintr-un ansamblu chimico-mineralogic, de genul celui prezentat, este posibil să se întrezărească condiţiile fizico-chimice care au putut genera prezenţa mineralelor ce determină ansamblul.

În sistemele de precipitare fizico-chimică, de genul celui analizat, cationii vin în incinta de precipitare via mediul solid, în timp ce anionii, de origine plutonică, provin din apa marină via manifestărilor vulcanice submarine. Conţinutul de $Cl^-$ în apa marină depăşeşte de peste 60X pe cel din rocile de pe uscat, iar cel de sulf de peste 3X [6]. Manifestări vulcanice la nivelul tortonianului, cînd s-a format această lentilă de sare, sînt cunoscute, atît în afara Arcului carpatic, cît şi în interiorul lui, vulcanismul andezitic fiind, în cea mai mare parte, de vîrstă neogenă [17].

Cercetările privind echilibrele anionilor din manifestările vulcanice ridică probleme teo-

retice și practice importante [10 ; 13], care încă necesită studii, asociate și de greutăți de modelare în laborator a acestor sisteme la presiuni și temperaturi ridicate, la volum constant sau variabil.

Cercetarea chimico-mineralogică, structurală, de genul celei efectuate în prezenta lucrare, pentru a pune în evidență ansamblul chimico-mineralogic, îmbinată cu modelarea de laborator, care să permită includerea în modele a parametrilor ecuației de stare : presiune, temperatură, volum și alcătuire structurală, opinăm că vor putea da răspuns întrebărilor puse asupra modului de formare a mineralelor de precipitare fizico-chimică.

În prezenta lucrare s-a încercat să se pună în evidență influența temperaturii în crearea acestui ansamblu chimico-mineralogic, a presiunii și, de asemenea, a influenței rațiilor ionice în formarea mineralelor de precipitare fizico-chimică. Pentru acești parametri principali — temperatură, presiune și concentrații ionice — pentru anumite combinații sînt deja dependențe cantitative [1 ; 13], pe care le-am utilizat în prezentul model, alte dependențe se cer elaborate. Investigarea prezentată a încercat să pună în evidență și influența volumului incintei în care se desfășoară transformările fizico-chimice, imprimate de influența energiei termice, a presiunii și cea a concentrațiilor ionice. S-a încercat să se pună în evidență cele două situații la limită : $V = \text{const.}$ și $V \to \infty$, numai că în natură fenomenul investigat și schițat s-a desfășurat la o stare intermediară, fapt ce face ca și variația de volum din sistem să trebuiască să fie implicată în aceste echilibre.

Opinăm că natura ne poate oferi, prin modelele ei reale, premise majore, care să stea la baza creării de modele de laborator capabile să încerce să descifreze complicatele și multivariabilele sisteme din geologia Terrei.

**Bibliografie**


[1] Barton, B. P. *The chemical environment of ore deposition and the problem of low-temperature ore transport.* Researches in geochemistry. J. Wiley. New York, 1959.

[2] Goldsmith, R. J. *Some aspect of the geochemistry of carbonates.* Researches in geochemistry. J. Wiley. New York, 1959.

[3] Hay, L. R. *Geologic occurrence of zeolites.* Natural zeolites. Pergamon Press, 1978.

[4] Hawkins, B. D. *Hydrotermal synthesis of clinoptilolite and comments on the assemblage phillipsite-clinoptilolite-mordenite.* Natural zeolites. Pergamon Press, 1978.

[5] Holler, H., Wirsching, V. *Experiments on the formation of zeolites by hydrotermal alteration of volcanic glasses.* Natural zeolites. Pergamon Press, 1978.

[6] Horne, R. *Marine chemistry.* Willey interscience. New York, 1969.

[7] Iijima, A, *Geological occurrences of zeolites in marine environments.* Natural zeolites. Pergamon Press, New York, 1978.

[8] * * * *Index to the powder diffraction file.* 1966. ASTM Publ. Philadelphia.

[9] Kastner, M., Stonecipher, A. S. *Zeolites in pelagic sediments of the Atlantic, Pacific and Indian oceans.* Natural zeolites. Pergamon Press, 1978.

[10] Krauskopf, B. K. *The use of equilibrium calculations in finding the composition of a magmatic gas phase.* Researches in geochemistry. J. Wiley, New York, 1959.

[11] Mastacan, Gh., Mastacan, I. *Mineralogie.* Ed. tehnică, București, 1976.

[12] Miheev, I. V. *Roentgenometriceskii opredeliteli mineralov.* Moskva, Gosgeoltehizdat, 1957.

[13] Milton, C., Eugster, H. *Mineral assemblages of the Green River formation.* Researches in geochemistry. J. Willey, New York, 1959.

[14] Pârcălăbescu, D. I. *Determinarea compoziției chimice a mediului solid din neogenul structurii Moreni—Gura Ocniței.* Chimie analitică, nr. 3, 1972.

[15] Pârcălăbescu, D. I. *Interacțiunea bioxidului de carbon cu apele și rocile colectoare de țiței în condiții de zăcământ.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 8, 1980.

[16] Pârcălăbescu, D.I. *Considerații fizico-chimice și geochimice asupra mediului solid din meotianul structurii Oprișenești.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 5, 1981.

[17] Rădulescu, P. D. *Vulcanii astăzi și în trecutul geologic.* Ed. tehnică, București, 1976.

[18] Stonecipher, A. S. *Chemistry and deep-sea phillipsite, clinoptilolite and host sediments.* Natural zeolites. Pergamon Press, 1978.

[19] Thorez, J. *Phyllosilicates and clay minerales.* G. Lelotte. Belgique, 1975.

# Contribuții la cunoașterea geologiei și potențialului metalogenetic al zonei Ruschița

Prof. dr. doc. **L. Pavelescu** și ing. **R. Cosma**
Universitatea București

## I. Introducere

Zona Ruschița este amplasată în partea sud-vestică a masivului cristalin Poiana Ruscă, pe teritoriul județului Caraș-Severin.

Datorită complexității geologice și prezenței zăcămintelor de fier, sulfuri polimetalice și marmură, regiunea Ruschița a constituit obiectul a numeroase cercetări geologice și miniere. Dintre studiile geologice complexe, efectuate asupra formațiunilor cristalofiliene și eruptive în perioada 1950—1981, menționăm cercetările elaborate de Pavelescu (1958), Pavelescu et al. (1964, 1981), Kräutner (1964, 1970), Maier et al. (1975), Andrei et al. (1978), Strutinski et al. (sub tipar) și altele.

## II. Alcătuirea geologică a zonei Ruschița

Zona Ruschița constituie, din punct de vedere geologic, un punct nodal în edificiul structural al munților Poiana Ruscă. În cadrul ei se întîlnesc cele trei unități tectonice principale ale domeniului getic (fig. 2):

— unitatea epimetamorfică, în partea centrală și nord-vestică a perimetrului;

— unitatea de Sebeș-Lotru, în partea de sud-est a zonei;

— bazinul sedimentar Rusca Montană, situat la sud de aria investigată.

Atît formațiunile cristaline, cît și cele sedimentare au fost străbătute de corpuri de roci eruptive banatitice, care au produs fenomene de contact termic și transformări hidrotermale.

### 1. *Unitatea de Sebeș-Lotru*

Formațiunile cristalofiliene ale unității de Sebeș-Lotru aparțin ciclului tectono-magmatic Assyntic-Baicalian (570—350 mil. ani), avînd o grosime totală de circa 1 500 m. Ele se dezvoltă la sud-est de Ruschița, fiind delimitate de falia Gherghieș-Ruschița spre nord-vest, iar spre sud iau contact cu rocile sedimentare ale bazinului Rusca Montană.

Din punct de vedere petrografic predomină paragnaisele (muscovitice, biotitice, cu granați), șisturile sericito-cloritoase ± biotit ± granat, la care se adaugă intercalații de micașisturi cu biotit și granați, amfibolite, dolomite și calcare cristaline.

Șisturile acestei unități formează un monoclin cu direcția generală VSV—ENE și înclinări de 40—80° spre sud. Elementele liniare măsurate (microcute, liniarități) indică afundarea structurii generale spre vest [10].

### 2. *Unitatea epimetamorfică*

Formațiunile acestei unități sînt atribuite ciclului tectono-magmatic Hercinic (315—256 mil. ani) și acoperă cea mai mare parte a zonei Ruschița (fig. 2). În scopul realizării unei simplificări a stratonomiei, în concordanță cu realitatea geologică, propunem separarea șisturilor cristaline ale unității epimetamorfice în două faciesuri distincte:

- facies predominant tufogen, în partea centrală a ariei investigate;
- facies predominant detritogen, în partea de nord-vest a perimetrului.

**a.** Faciesul predominant tufogen (cu intercalații detritogene), avînd o grosime de circa 750 m, este dezvoltat la nord-vest de falia Gherghieș-Ruschița, în bazinele văilor Morii și Pîrîul cu Raci.

Acest facies este constituit din roci epimetamorfice, provenite din metamorfozarea în faciesul de șisturi verzi a unor formațiuni sedimentare tufogene (tufuri și tufite bazice), asociate cu dolomite, calcare, ankerite și siderite (fig. 1).

La alcătuirea petrografică a faciesului predominant tufogen iau parte: șisturi cloritoase cu actinot, albit ± biotit, șisturi amfibolice ± biotit, cu intercalații de șisturi muscovito-biotitice, șisturi biotitice cu almandin, cuarțite albitice și calcare marmoreene.

În formațiunile faciesului predominant tufogen sînt localizate mineralizațiile de fier din sectorul Pîrîul cu Raci, precum și cele de sulfuri polimetalice din zona Pîrîul Plumbului—Stuller.

**b.** Faciesul predominant detritogen (cu intercalații tufogene), de circa 2 000 m grosime, are o largă dezvoltare în bazinele superioare ale văilor Padeș, Pîrîul cu Raci, Cracul Lung, Varnița și Lupului.

Tipurile petrografice predominante ale acestui facies sînt șisturile sericito-cloritoase ± biotit, șisturi sericito-biotitice cu intercalații de: dolomite, dolomite calcaroase, cuarțite, șisturi cuarțitice cu biotit și almandin, șisturi verzi tufogene, roci amfibolice.

Zăcămîntul de fier din sectorul Vf. Boul este amplasat în intercalațiile tufogene ale faciesului predominant detritogen.

### 3. *Tectonica formațiunilor metamorfice*

Unitatea epimetamorfică, dezvoltată la nord-vest de falia Gherghieș-Ruschița, are o tectonică mai complicată decît cea a unității de Sebeș-Lotru, datorită, atît structurilor plicative, cît și numeroaselor falii care compartimentează regiunea (fig. 2).

Tectonica disjunctivă este determinantă în edificiul structural al zonei Ruschița; se remarcă prezența a două sisteme distincte de falii:

- cu orientare NV—SE (predominant);
- cu orientare SV—NE (subordonat).

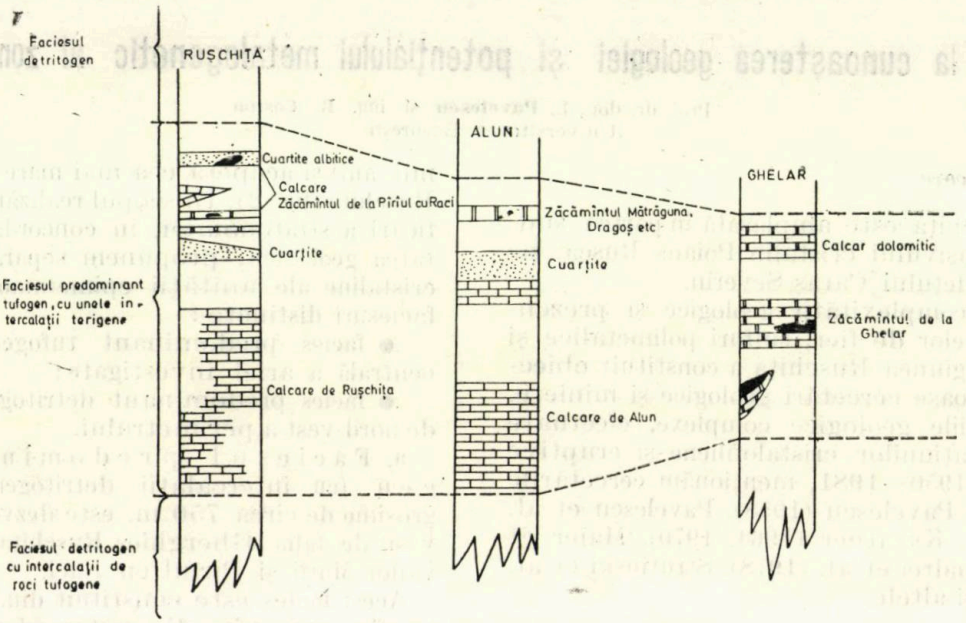



Fig. 1. **Paralelizări** ale mineralizațiilor de fier dintre Ruschița și Ghelar.

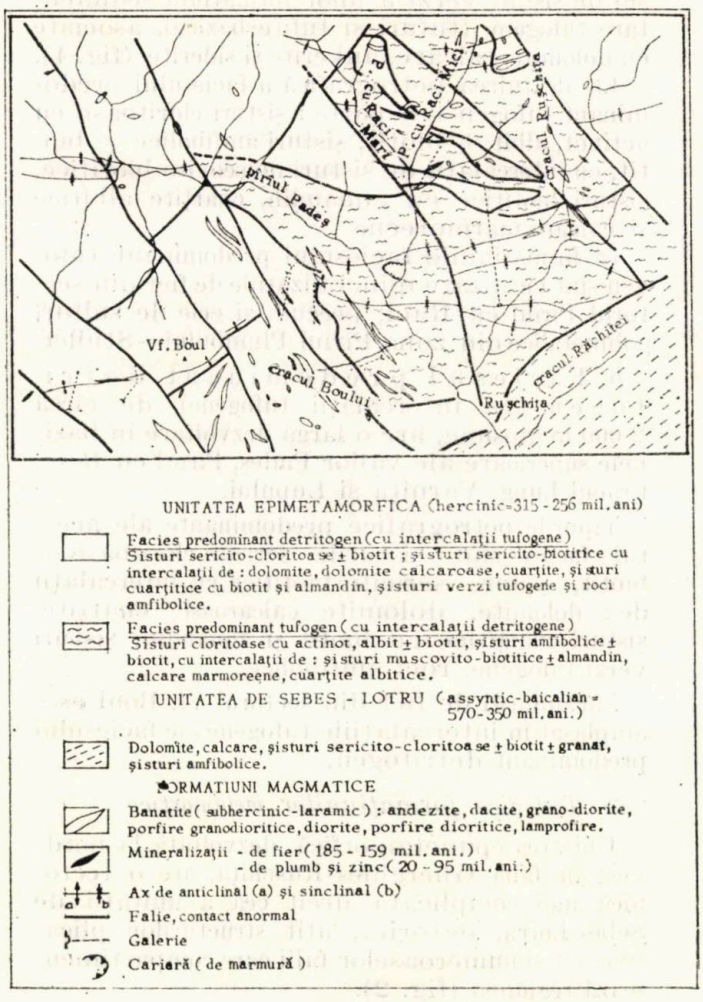



Fig. 2 Schița geologică a zonei Ruschița.

Faliile cu orientare NV—SE compartimentează mineralizațiile din sectoarele Vf. Boul, Pîrîul Plumbului și Pîrîul cu Raci. În aria Pîrîul Morii—Pîrîul cu Raci Mici— Pîrîul Vulturul Mare, faliile au permis intruziunea rocilor banatitice.

Dintre fracturile cu orientare SV—NE cea mai importantă este falia Gheorghieș—Ruschița, care separă cele două unități majore : epimetamorfică, respectiv de Sebeș—Lotru.

În ceea ce privește tectonica plicativă, remarcăm următoarele :

- în formațiunile faciesului predominant tufogen, cutele sînt mai numeroase, majoritatea fiind sinclinale, cu axele orientate V—E ;
- formațiunile faciesului predominant detritogen sînt mai puțin cutate ; o extindere notabilă prezintă anticlinalele din sectoarele Pîrîul Padeș și Vf. Boul.

4. *Formațiuni eruptive*

**a.** Activitatea magmatică prealpină (inițială) a avut loc în devonian, în cadrul ciclului tectono-magmatic hercinic.

Principalele faze, produse și substanțe minerale utile asociate activității magmatismului inițial sînt redate în tabelul 1.

*Tabelul 1*

**Activitatea magmatică prealpină în zona Ruschița**

| Faza | Tipul de activitate | Produsele activității | Tipuri de mineralizații |
|---|---|---|---|
| II | Intruziv | Roci ultrabazice | Talc |
| I | Efuziv | Tufuri bazice și intermediare | Mineralizații vulcanogen-sedimentare de oxizi și carbonați de fier |

De activitatea magmatică prealpină sînt legate intercalațiile de șisturi verzi tufogene și cuarțite albitice, în care sînt localizate mineralizațiile de fier din sectoarele Vf. Boul și Pîrîul cu Raci.

**b.** Activitatea magmatică alpină a generat numeroase corpuri de roci aparţinînd magmatismului laramic, cunoscute sub numele de banatite (fig. 2).

Etapele de evoluţie ale magmatismului alpin din zona Ruschiţa sînt prezentate în tabelul 2.

*Tabelul 2*

**Activitatea magmatică alpină în zona Ruşchiţa**

| Vîrstă | ip | Manifestări |
|---|---|---|
| Paleocen superior — eocen | Magmatism subsecvent epirogen, faza a II-a | Dyke-uri de andezite, diorite, dacite şi lamprofire (generaţia a II-a) |
| Paleocen | Magmatism banatitic, faza I | — Corpuri plutonice: granodiorite<br>— Corpuri subvulcanice: porfire granodioritice şi dioritice<br>— Andezite |
| Cretacic superior | Magmatism subsecvent precoce | — Cinerite, tufuri<br>— Curgeri şi pînze de andezite |

Rocile banatitice formează sill-uri, dyke-uri şi filoane, care străbat şisturile cristaline, marea lor majoritate fiind cantonate în formaţiunile unităţii epimetamorfice.

Banatitele identificate în zona Ruschiţa aparţin următoarelor tipuri petrografice: lamprofire, porfire dioritice, porfire granodioritice, granodiorite, dacite şi andezite.

Lamprofirele, semnalate pentru prima dată de L. Pavelescu (1958), sînt reprezentate prin spessartite, odinite şi camptonite cu kataphorit.

Andezitele constituie circa 60% din corpurile de banatite din zona Ruschiţa, determinările de vîrstă absolută indicînd vîrsta subhercinică (89—66 mil. ani).

5. *Metamorfismul de contact*

Rocile caracteristice metamorfismului de contact (corneene şi skarne) au o extindere redusă în zona Ruschiţa, dar prezintă importanţă, legată de geneza mineralizaţiilor. Acţiunea metamorfismului de contact exomorfic a avus loc numai asupra formaţiunilor unităţii epimetamorfice.

Corneene. Prin acţiunea combinată a temperaturii şi a soluţiilor hidrotermale asupra şisturilor cristaline au luat naştere corneene compacte cu biotit, cu andaluzit, cu epidot, şisturi silicifiate sau mineralizate cu sulfuri, identificate în aria Pîrîul Cracul Lung—Culmea Huşniţa.

Skarne. La contactul calcarelor cristaline cu rocile banatitice s-au format skarne cu granaţi, skarne diopsidice sau epidotice. Skarnele au fost evidenţiate numai în subteran, la contactul cu banatitele, în lucrările miniere aferente zăcămîntului de fier Pîrîul cu Raci, precum şi la orizonturile +574 m, +614 m, +658 m, +702 m şi +752 m, aparţinînd zăcămîntului de sulfuri polimetalice „Acoperiş".

## III. Zăcăminte de substanţe minerale utile

1. *Zăcămîntul de fier Pîrîul cu Raci*

Zăcămîntul de minereu de fier Pîrîul cu Raci este localizat la circa 1,5—2 km NNE de Ruschiţa, în versantul stîng al văii Padeş, extinzîndu-se între Pîrîul lui Livansky, la vest, şi Pîrîul Peşterii, la est.

Mineralizaţia se prezintă sub formă de lentile sau cuiburi, care se dispun pe o înălţime de aproape 500 m, între cotele +950 şi +450 m. Numărul lentilelor puse în evidenţă prin foraje şi lucrări miniere depăşeşte 120. Lentilele au o dezvoltare de 30—80 m pe direcţie şi grosimi de pînă la 10 m.

Mineralizaţia este localizată în cuarţite albitice, şisturi sericito-cloritoase şi calcare dolomitice. De asemenea, mineralizaţia este legată de prezenţa skarnelor.

Din punct de vedere mineralogic, mineralizaţia este alcătuită din magnetit (30—35%), siderit, ankerit, oligist şi pirită. Au mai fost identificate următoarele minerale: ilmenit, rutil, pirotină, mispichel, marcasită, calcopirită, blendă şi galenă (L. Pavelescu et al., 1981). Ganga este reprezentată prin cuarţ, calcit, dolomit, biotit, clorit şi epidot, în proporţii diferite.

Zăcămîntul a intrat parţial în exploatare (orizontul +625 m valea Morii), începînd cu anul 1978. Actualmente sînt în curs de explorare de detaliu orizonturile +730 m şi +780 m.

2. *Zăcămîntul de fier Vîrful Boul*

Zăcămîntul de fier Vîrful Boul se află la circa 6 km NV de colonia minieră Ruschiţa, accesul realizîndu-se pe drumul forestier Vf. Padeş—Vf. Boul.

Datele obţinute din lucrări miniere şi foraje au permis identificarea unui anticlinal, orientat est-vest, separat de falii transversale în trei compartimente: vestic, central şi estic.

Mineralizaţia este cantonată în şisturi cloritobiotitice sau în skarne, formate la contactul şisturilor tufogene cu dyke-urile de banatite.

Corpurile de minereu, lentiliforme, au lungimi de 20—250 m şi grosimi de 5—30 m; au fost identificate 34 lentile.

Mineralizaţia este alcătuită din magnetit, sub formă de impregnaţie fină şi secundar din ankerit, oxizi şi sulfuri metalice. Compoziţia mineralogică a unei probe medii de minereu este următoarea: magnetit — 25%, oligist — 1%, pirită — 1%, blendă — 1%, ilmenit — 0,1%, calcopirită — 0,1%, galenă — 0,1%, pirotină — 0,1%, limonit — 0,1%, bornit — 0,1%, ankerit — 35%, calcit — 4%, cuarţ — 8%, clorit — 6%, granaţi — 4%, epidot — 4%, bio-

tit — 3%, amfiboli — 3%, piroxeni — 3%, apatit — 1%, sericit — 1%, talc — 1% și minerale argiloase — 1%.

O caracteristică importantă a minereului de fier de la Vf. Boul este radioactivitatea, care are valori de 27—175 μr/h și se datorește allanitului.

Vîrsta absolută a minereului de fier din zăcămîntul Vf. Boul, determinată prin metoda Pb/Pb, este de 159—185 mil. ani.

Conținutul mediu de fier total pe sector este de 27,77%, remarcîndu-se scăderea ponderii fierului de la est spre vest, precum și în cazul lentilelor situate la adîncimi mai mari.

3. *Zăcăminte de sulfuri polimetalice*

Aria în care se dezvoltă mineralizația de sulfuri polimetalice este situată în apropierea localității Ruschița (la 0,5 km NNV), în versantul drept al văii Padeș și este constituită din cinci sectoare distincte:

— zăcămîntul „Principal";
— zăcămîntul „Acoperiș";
— zăcămîntul Wilhelmina;
— zăcămîntul Grivița;
— zăcămîntul Stuller.

Cu excepția zăcămîntului „Acoperiș", care este în curs de exploatare, celelalte zăcăminte au fost epuizate sau abandonate.

Minereul se prezintă sub formă de lentile, cantonate în șisturi epidotizate și skarneificate, precum și în calcare cristaline. Pînă în prezent au fost puse în evidență 60 de lentile, cu lungimi cuprinse între 15 și 160 m, grosimi de 0,6—6 m și înclinări sudice de 60—80°. Lentilele de minereu sînt cuprinse într-un areal cu extindere de 500—600 m pe direcția vest-est și de circa 600 m pe verticală, între cotele +900 și +300 m. Zăcămîntul este deschis și exploatat prin 9 orizonturi.

Mineralizația este alcătuită din galenă, blendă, calcopirită, pirită, ilmenit, rutil, hematit, magnetit și bornit [11].

Datele de vîrstă absolută, obținute pe probe de galenă prin metoda Pb/Pb, modelul Holmes-Hautermans, indică valori cuprinse între 20 și 95 mil ani (Popescu, 1974), geneza mineralizației polimetalice fiind legată de magmatitele banatitice laramice.

## Concluzii

Șisturile cristaline ale domeniului getic, din arealul central sud-vestic al masivului Poiana Ruscă, aparțin celor două unități tectonice distincte:

— unitatea epimetamorfică (Hercinic = = 315—256 mil ani);
— unitatea de Sebeș—Lotru (Assyntic-Baicalian = 570—350 mil. ani).

În vederea simplificării stratonomiei șisturilor cristaline, în concordanță cu datele geologice obținute prin lucrările de prospecțiune, explorare și exploatare propunem separarea în cadrul unității epimetamorfice a două faciesuri distincte:

● faciesul predominant tufogen (cca 75 m grosime);
● faciesul predominant detritogen (cca 2000 m grosime).

Magmatismul banatitic a avut o importanță deosebită în geneza mineralizațiilor, determinînd parțial remobilizarea unor elemente (Fe, Cu, Pb, Zn) și concentrarea lor sub formă de lentile. De aceea, considerăm că banatitele reprezintă un indicator important pentru orientarea lucrărilor de prospecțiune și explorare geologică, în vederea identificării unor noi mineralizații.

Investigațiile efectuate pînă în prezent nu aduc elemente privind extinderea mineralizației de fier din sectorul Vf. Boul spre est (sub zona cu mineralizații de sulfuri polimetalice). Argumente în acest sens sînt următoarele:

— forajele 5, $5A_1$ ... $5A_6$, 541, 1 073 au interceptat zone cu sulfuri polimetalice, dar nu au străbătut intervale cu minereuri de fier;

— zona cuprinsă între Vf. Boul și Pîrîul Plumbului este lipsită de anomalii magnetice $\Delta Z$ semnificative.

Perspectiva mineralizațiilor de fier este legată de extinderea zăcămintelor spre vest, astfel:

● spre Pîrîul lui Livansky, pentru sectorul Pîrîul cu Raci;
● spre Pîrîul Lupului, pentru sectorul Vf. Boul.

Perspectiva mineralizațiilor de sulfuri polimetalice constă în evoluția lor în adîncime, sugerată și de rezultatele prospecțiunilor electrometrice.

### Bibliografie


[1] Andrei, J. ș.a. *Studiul geofizic complex al provinciei banatitice pentru mineralizații neferoase, zona Ruschița-Nădrag.* Arh. I. G. G., București, 1978.

[2] Codarcea, Al. Pavelescu, L. *Cercetări geologice în regiunea Ruschița.* D. S. Com. Geol., XXXVIII București, 1954.

[3] Giușcă, D., Volanschi Ernestina. *Contribuții la studiul geochimic al zăcămîntului de sulfuri polimetalice de la Ruschița (Poiana Ruscă).* St. cerc. ser. Geol. 13, 1, București, 1968.

[4] Harosa, S. ș.a. *Raport geologic asupra lucrărilor de prospecțiune și explorare executate pentru fier și sulfuri polimetalice în cadrul șantierului Ruschița în perioada 1959—1965.* Arh. I.F.L.G.S., București, 1967.

[5] Kräutner, H. *Privire generală asupra metalogenezei din masivul Poiana Ruscă.* St. cerc. ser. Geol. 9, 1, București, 1964.

[6] Kräutner, H. *Hydrothermal Sedimentary Iron Ores related to Submarine Volcanic Rise: the Teliuc-Ghelar type as a Carbonatic Equivalent of the Lahn Dill type.* Min. Dep. 5, 1970.

[7] Maier, O. ș.a. *Studiul geologic și petrografic al cristalinului din partea sudică a munților Poiana Ruscă.* An. I.G.G XLIII, București, 1975.

[8] Papiu, C. V. ș.a. *Considerații petrogenetice asupra carbonatitelor epizonale din masivul Poiana Ruscă.* Asoc. Carp.-Balk., Congr. V. București, 1963.

[9] Pavelescu, L. *Geologia și petrografia regiunii Ruschița.* An. Com. Geol., XXXII, București, 1958.

[10] Pavelescu, L. ș.a. *Structura și stratigrafia șisturilor cristaline din regiunea Ruschița.* An. Com. Geol., XXXIV/1, 1964.

[11] Pavelescu, L. ș.a. *Studiul privind perspectiva mineralizațiilor de fier asociate formațiunilor metamorfice și intruziunilor banatitice pe baza cercetărilor geologice și geofizice complexe din Poiana Ruscă de vest.* Univ. din București, Bir. exp. cons., 1981.

# Calculul de rezistență al cîrligelor instalațiilor de foraj

Prof. dr. ing. **N. Posea,**
conf. dr. ing. **Al. Anghel,**
asist. ing. **N. Grigore**
Institutul de petrol și gaze Ploiești
ing. **M. Cioată**
Institutul de proiectări și cercetări utilaj petrolier
Ploiești

Cîrligele de foraj sînt, de obicei, de tipul triplex, care permit suspendarea toartei capului hidraulic în ciocul principal și al chiolbașilor pe umerii laterali. Parametrul principal al acestor cîrlige este capacitatea de lucru definită prin sarcina maximă ce poate fi aplicată.

Metoda analitică dezvoltată în lucrare a fost verificată prin experimentarea unui cîrlig de foraj de 1 250 kN.

## I. Considerații generale

Cîrligul de foraj propriu-zis, de tipul triplex, cel mai des întîlnit, are forma prezentată în figura 1, avînd secțiunile I—I; II—II perpendiculare pe direcția de acțiune a sarcinii (fig. 1 *b*) sub forma unui U cu laturile evazate (fig. 1 *c*), iar secțiunea III—III paralelă cu direcția de acțiune a sarcinii (fig. 1 *b*) de formă dreptunghiulară (fig. 1 *d*).

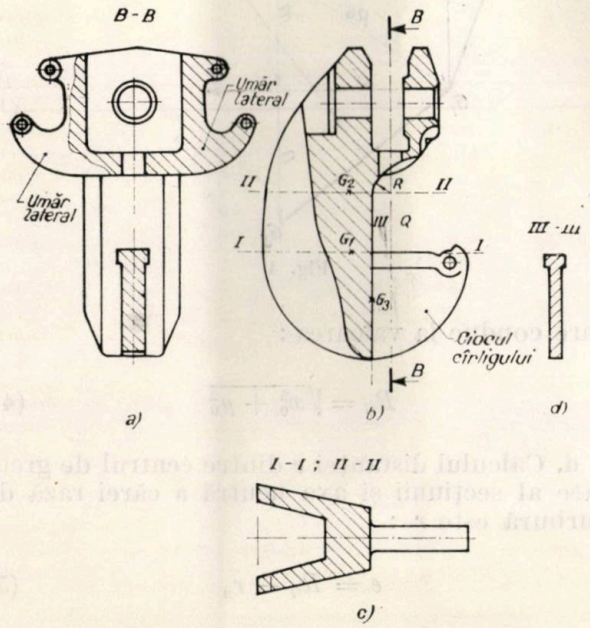



Fig. 1

În prezent, calculul cîrligului de foraj constă în verificarea eforturilor unitare în secțiunea I—I (fig. 1 *b*), situată în planul perpendicular pe linia de aplicare a sarcinii $Q$, ca pentru o bară de mare curbură [6]. Relația de calcul este:

$$\sigma = \frac{1}{A}\left(Q_{cm} + \frac{M_i}{r} + \frac{M_i}{kr}\cdot\frac{Y}{r+y}\right)$$

unde $Q_{cm}$ este sarcina maximă de calcul, iar coeficientul $K$ se determină cu relația [6]:

$$K = \frac{2(f'' - f')}{A}.$$

unde $f''$ și $f'$ sînt niște suprafețe ajutătoare care se determină prin construcții grafice și se măsoară prin planimetrie [4; 6].

Calculul de verificare în secțiunea I—I, pe lîngă faptul că întîmpină dificultăți datorită construcțiilor grafice necesare și planimetrării suprafețelor ajutătoare $f''$ și $f'$, nu este suficient pentru întregul cîrlig întrucît pot exista alte secțiuni (II—II; III—III, fig. 1) mai solicitate decît secțiunea I—I.

De asemenea, forma geometrică a contururilor (exterior și interior) nu permite încadrarea riguroasă a elementului în teoria barelor cu mare curbură, la care centrul de curbură al contururilor (exterior și interior) și al fibrei mediane să fie același.

## II. Algoritm pentru calculul tensiunilor în secțiunile de bază ale cîrligului propriu-zis

Algoritmul ce se prezintă în continuare permite determinarea analitică a stării de tensiuni în secțiunile de bază ale cîrligului propriu-zis (I—I; II—II; III—III, fig. 1), prin aplicarea teoriei barelor de mare curbură în secțiunile I—I; II—II și prin teoria elasticității în secțiunea III—III. Prin analizarea stării de tensiuni rezultate în aceste secțiuni se stabilește secțiunea cea mai solicitată și modalitatea de alegere a unor dimensiuni optime.

### 1. *Determinarea tensiunilor în secțiunile I—I și II—II*

Elementele geometrice ale acestor secțiuni sînt precizate în figura 2. Întrucît conturul interior al cîrligului are o porțiune dreaptă (fig. 1 *b*), încadrarea secțiunii I—I în categoria barelor curbe reprezintă o aproximație. Secțiunea II—II, avînd ambele contururi curbe,

se încadrează mai bine în teoria de bară cu mare curbură și distanța de la linia de acțiune a sarcinii la centrul de greutate al secțiunii (fig. 2) se notează cu $R_S$ și se consideră drept rază de curbură a fibrei mediane. Pentru secțiunea I—I se face calculul tot în teoria de bară

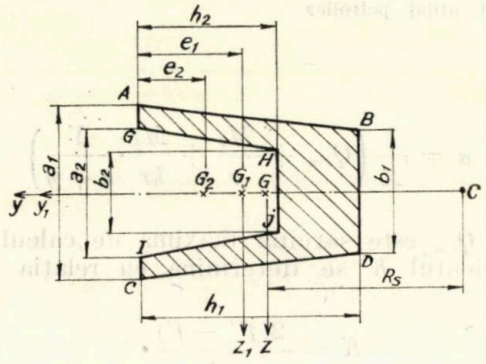



Fig. 2

cu mare curbură, datorită formei curbe de la exteriorul cîrligului, dar cu o rază de curbură mai mare, notată cu $R_G$ și care se consideră raza unui cerc care trece prin centrele de greutate ale celor trei secțiuni de bază: I—I; II—II; III—III (fig. 1). Principalele etape și relații de calcul ale algoritmului pentru determinarea analitică a tensiunilor în secțiunile I—I și II—II sînt.

**a.** Calculul poziției centrului de greutate $G$ al secțiunii care, aflîndu-se pe axa de simetrie $y$, se determină cu relația cunoscută:

$$y_G = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i} \tag{1}$$

**b.** Determinarea razei de curbură a fibrei neutre $r_n$ pentru situația cînd ar acționa numai momentul încovoietor.

În acest scop se folosește relația [5]:

$$r_n = \frac{A}{\int_{(A)} \frac{dA}{\rho}}, \tag{2}$$

unde $A$ este aria secțiunii transversale, iar $\rho$ raza de curbură a unei fibre oarecare. Folosind notațiile din figura 3, unde cu $C$ s-a notat centrul de curbură, rezultă:

$$\int_A \frac{dA}{\rho} = a_1 \ln \frac{r_2}{r_1} + 2(r_2 - r_1)\operatorname{tg}\alpha -$$

$$-2r_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} + (a_2 - b_2) \ln \frac{r_e}{r_2} +$$

$$+ 2(r_e - r_2)(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta) - 2r_2(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta) \ln \frac{r_e}{r_2} \tag{3}$$

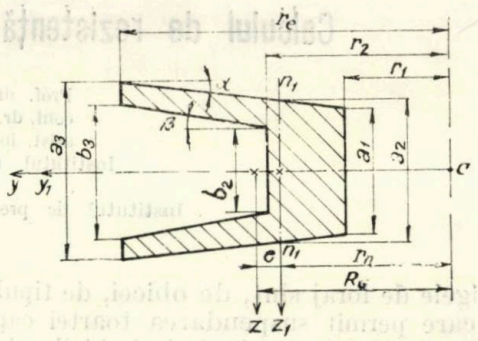



Fig. 3

**c.** Determinarea razei de curbură $R_G$.

Cu notațiile din figura 4 rezultă, pentru coordonatele centrului cercului de rază $R_G$, expresiile [1]:

$$x_0 = \frac{m^2 n + mn^2 + (c-d)^2 n + d^2 m}{2\,dm - (c-d)\,n} \tag{4}$$

$$y_0 = \frac{d}{n} x_0 - \frac{n^2 - d^2}{2n}$$

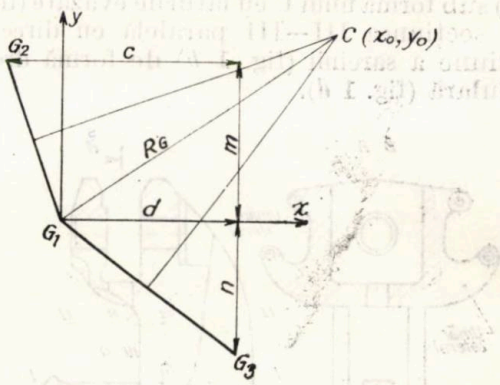



Fig. 4

care conduc la valoarea:

$$R_G = \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \tag{4'}$$

**d.** Calculul distanței $e$ dintre centrul de greutate al secțiunii și axa neutră a cărei rază de curbură este $r$:

$$e = R_G - r_n \tag{5}$$

unde $R_G$ reprezintă raza de curbură a fibrei care trece prin centrul de greutate.

**e.** Determinarea tensiunilor în secțiunile I—I și II—II se efectuează cu relația [5]:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{A \cdot e} \cdot \frac{y_1}{r_n + y_1} \tag{6}$$

unde:

$y_1$ reprezintă ordonata unui puct curent al secțiunii transversale față de axa neutră $n_1 - n_1$ (fig. 3);

$N$ — forța axială din secțiune, pozitivă cînd este de întindere;

$M$ — momentul încovoietor, pozitiv cînd mărește curbura.

2. *Determinarea tensiunilor în secțiunea III—III*

Secțiunea III—III (fig. 1), de formă dreptunghiulară, este secțiunea transversală a unei console scurte acționată prin intermediul călăreților de o sarcină uniform distribuită (fig. 5).

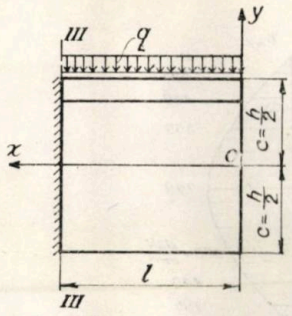



Fig. 5

Starea de tensiuni în această secțiune se determină prin teoria elasticității. Cu notațiile și sistemul de axe adoptat în figura 5 expresiile tensiunilor sînt:

$$\sigma_x = \frac{qx^2y}{2I} - \frac{q}{2I}\left(\frac{2}{3}y^3 - \frac{h^2}{10}y\right)$$

$$\sigma_y = -\frac{q}{2}\left(1 + 3\frac{y}{h} - \frac{4y^3}{h^3}\right) \qquad (7)$$

$$\tau = \frac{q}{2I}\left(\frac{h^2}{4} - y^2\right)x$$

în care $I = \frac{1 \cdot h^3}{12}$ este momentul de inerție al secțiunii transversale, calculat pentru o lățime egală cu unitatea, iar $q = \frac{Q_{max}}{l \cdot b}$, unde $Q_{max}$ reprezintă sarcina maximă a cîrligului, $l$ lungimea consolei și $b$ lățimea secțiunii transversale.

Pentru determinarea tensiunilor în secțiunea III—III, în expresiile (7) se face $x = l$.

Algoritmul de mai sus a fost folosit pentru determinarea dimensiunilor optime ale unui cîrlig de foraj de 2 000 kN și precizarea privind folosirea razei $R_S$ a rezultat din corelarea datelor experimentale cu cele teoretice [2].

## III. Aplicarea algoritmului la calculul unui cîrlig de foraj de 4 545 kN, cu verificarea coeficienților de siguranță conform normelor A P I

Pornind de la dimensiunile unui cîrlig existent de 4 000 kN, s-a realizat proiectarea optimă a unui cîrlig 4 545 kN (în nomenclatura API, 500 ts) care să respecte coeficienții de siguranță indicați de normele API spec. SA.

Pentru sarcina maximă de lucru $Q_{max} = 4\,545$ kN, se prezintă distribuțiile de tensiuni din secțiunile I—I; II—II; III—III (fig. 6), ale căror dimensiuni au fost adoptate prin încercări, astfel încît să fie îndeplinite condițiile de rezistență precizate de API.

Folosind tensiunile din figura 6 *a*, determinate pentru secțiunea I—I cu raza $R_G$ (formula 4'), se obține:

$$C = \frac{\sigma_c}{\sigma_{max}} = \frac{4\,500}{1\,949} = 2{,}3$$

În figura 6 *b* pentru aceeași sarcină s-a reprezentat distribuția de tensiuni în secțiunea II—II calculate cu raza de curbură $R_S$ și coeficientul de siguranță:

$$C = \frac{\sigma_c}{\sigma_{max}} = \frac{4\,500}{2\,148} = 2{,}10$$

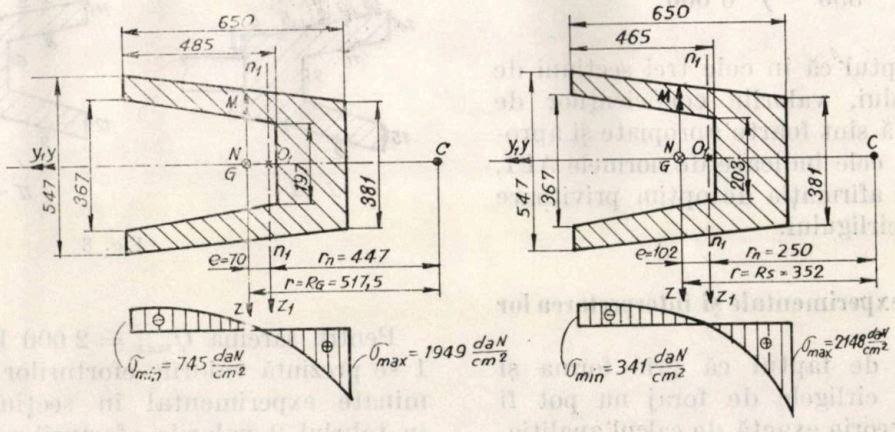



Fig. 6

Pentru secțiunea III—III se prezintă în figura 7 tensiunile $\sigma_x$, $\sigma_y$, $\tau_{xy}$. Pe baza acestora se calculează tensiunile principale, care, fiind de semne contrarii, conduc la condiția de rezistență:

$$\sigma_{ech} = \sigma_1 - \sigma_2 \leqslant \frac{\sigma_c}{C}.$$

Din aceasta rezultă coeficientul de siguranță în punctul cel mai solicitat al secțiunii (punctul *A*, fig. 7):

$$C = \frac{\sigma_c}{\sigma_{echmax}} = \frac{4\,500}{2\,101} = 2{,}14.$$

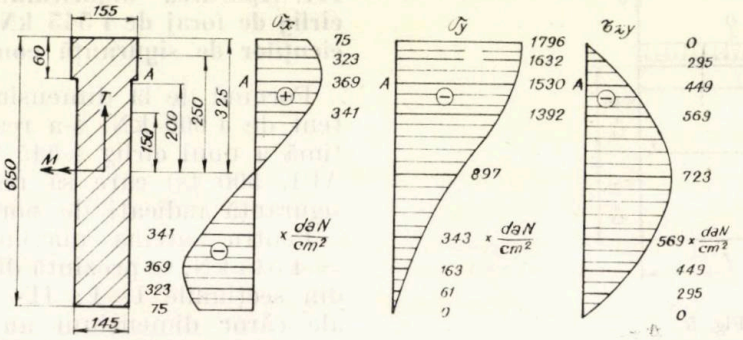



Fig. 7

Se menționează că materialul din care se execută cîrligele de foraj este T 35MoCNO8 pentru care $\sigma_c = 4\,500$ daN/cm² și $\sigma_r = 6\,500$ daN/cm².

Coeficientul de siguranță care trebuie asigurat pentru acest cîrlig, conform normei API, spec. 8A [9], este:

$$SF_y = SF_t \cdot \frac{YS}{TS} = \left(4 - \frac{R - 150}{350}\right) \cdot \frac{YS}{TS} =$$

$$= \left(4 - \frac{500 - 150}{350}\right) \cdot \frac{4\,500}{6\,000} = 2{,}08$$

Se remarcă faptul că în cele trei secțiuni de bază ale cîrligului, valorile coeficienților de siguranță efectivă sînt foarte apropiate și aproximativ egale cu cele indicate de normele API, ceea ce confirmă afirmația de optim privitoare la dimensiunile cîrligului.

## IV. Determinări experimentale și interpretarea lor

Ținînd seama de faptul că prin forma și dimensiunile lor cîrligele de foraj nu pot fi încadrate într-o teorie exactă de calcul analitic, determinarea eforturilor unitare pe cale experimentală se impune cu necesitate pentru verificarea rezultatelor teoretice stabilite prin metoda de calcul adoptată. În cazul cîrligelor de foraj, experimentările s-au efectuat pe standul de încercări la tracțiune de 10 000 kN de la Intreprinderea „1 Mai" Ploiești, pe ciocul unor cîrlige de 1 250 kN și 2 000 kN. În continuare se prezintă determinările experimentale pentru cîrligul de la instalația de foraj F-200, considerat mai reprezentativ.

Metoda experimentală adoptată a fost cea a tensometriei electrice rezistive. În secțiunea I—I au fost amplasate 15 mărci tensometrice, iar în secțiunea II—II un număr de 12 mărci tensometrice, modul lor de amplasare fiind indicat în figura 8.

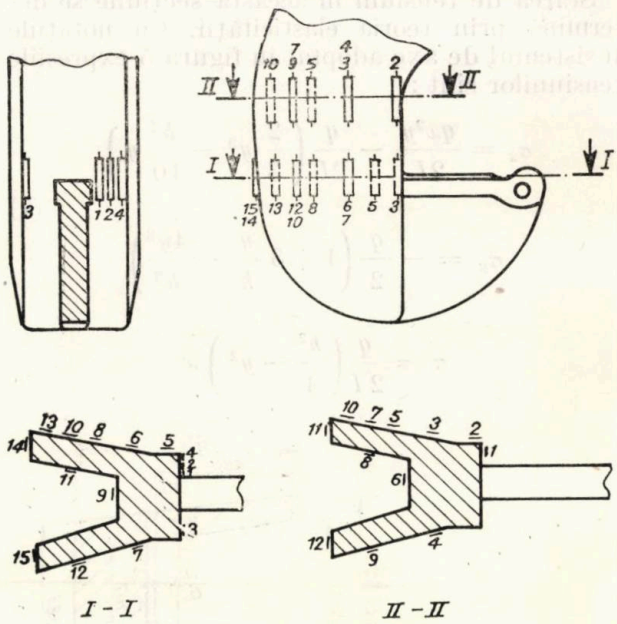



Fig. 8

Pentru sarcina $Q_{max} = 2\,000$ kN, în tabelul 1 se prezintă valorile eforturilor unitare determinate experimental în secțiunea I—I, iar în tabelul 2 valorile eforturilor unitare determinate experimental în secțiunea II—II.

*Tabelul 1*

| Nr. marcă secțiunea I—I | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| daN/cm² | 942 | 925 | 781 | 704 | 504 | 238 | 168 | 870 | —77 | —284 | —251 | —345 | —420 | —572 | —655 |

*Tabelul 2*

| Nr. marcă secțiunea II—II | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| daN/cm² | 1 784 | 1 347 | 324 | 326 | 12 | —103 | —242 | —336 | —247 | —392 | —696 | —601 |

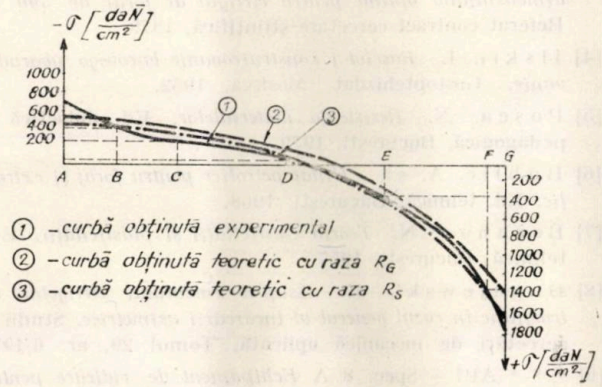



Fig. 9

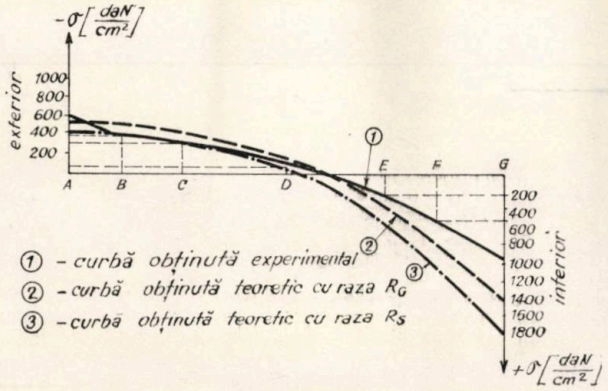



Fig. 10

Pe baza acestora sînt construite diagramele de variație ale tensiunilor în secțiunile I—I (fig. 9) și II—II (fig. 10). În aceste figuri s-au trasat, cu linie întreruptă, curbele teoretice ale tensiunilor pentru raza de curbură $R_G$ și cu linie-punct curbele teoretice calculate cu raza $R_S$. Punctele notate cu litere în figurile 9 și 10 reprezintă pozițiile mărcilor folosite, iar ordonatele din dreptul lor eforturile măsurate.

Cînd ordonatele rezultă prin indicațiile a două mărci s-a folosit media acestora, în tabelul 3 indicîndu-se corespondența punctelor de pe diagramele 9 și 10 cu amplasarea mărcilor.

*Tabelul 3*

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fig. 9 mărcile | 14,15 | 13 | 10,12 | 8 | 6,7 | 5 | 1,2 |
| Fig. 10 mărcile | 11,12 | 10 | 7,9 | 5 | 3,4 | 2 | 1 |

Din analizarea distribuției tensiunilor, stabilită experimental în secțiunea I—I (fig. 9), și din compararea acesteia cu distribuția obținută analitic cu raza de curbură $R_S$ și $R_G$, rezultă că datele experimentale diferă de cele analitice pentru ambele fibre extreme ale secțiunii și anume cu 32% pentru fibra de la interior, în minus, și cu 13,5% pentru fibra de la exterior, în plus, pentru cazul razei $R_G$.

Datele experimentale pentru secțiunea II—II (fig. 10) indică, în fibrele de la interiorul cîrligului, valori foarte apropiate de cele analitice calculate pentru raza de curbură $R_S$ (abatere în plus de 1,3%).

În fibrele de la exterior valorile experimentale depășesc valorile analitice cu 19%, în cazul razei $R_G$, și cu mult mai mult în cazul $R_S$. Din observarea alurelor curbelor experimentale se constată o schimbare de curbură în intervalul $BC$, datorită căreia valorile experimentale se îndepărtează de cele analitice, mai ales în secțiunea II—II. Acest fapt se poate datora influenței curburii fibrelor exterioare, al căror centru de curbură nu coincide cu centrul de curbură al fibrei mediane.

Distribuția tensiunilor în secțiunea III—III a ciocului cîrligului nu a putut fi determinată

experimental în mod corespunzător datorită tehnologiei de încercare a cîrligului folosit. Întrucît însă determinarea analitică a tensiunilor în această secţiune s-a făcut în baza teoriei elasticităţii, valorile obţinute pot fi considerate ca exacte şi ele pun în evidenţă faptul că secţiunea III—III este mai solicitată decît secţiunile I—I şi II—II.

## Concluzii

Algoritmul elaborat constituie o metodă corespunzătoare pentru calculul de rezistenţă a cîrligelor de foraj, permiţînd proiectarea acestora la forme şi dimensiuni optime. Aplicarea acestui algoritm a condus la stabilirea dimensiunilor caracteristice pentru un cîrlig de foraj de 4 545 kN, care îndeplineşte criteriile de rezistenţă prevăzute de normele API (American Petroleum Institute).

Prin această aliniere la API se creează condiţii pentru creşterea competitivităţii utilajului românesc de petrol pe pieţele externe.

Experienţele efectuate pe cîrlige de foraj din producţia curentă au verificat, în mod satisfăcător, corectitudinea metodei de calcul în forma prezentată şi au scos în evidenţă diferenţe importante între capacitatea de rezistenţă a diferitelor secţiuni ale cîrligelor proiectate anterior. În consecinţă, se impune reproiectarea, pe baza algoritmului expus, a întregii game de cîrlige de foraj care se utilizează în instalaţiile de foraj.

### Bibliografie


[1] Posea, N., Anghel, Al. *Studiu asupra subansamblelor cîrligelor de foraj pentru stabilirea capacităţii maxime de încărcare.* Referat contract cercetare ştiinţifică, 1974.

[2] Posea, N., Anghel, Al. *Aspecte privind calculul şi proiectarea cîrligelor instalaţiilor de foraj.* Buletinul Institutului de petrol şi gaze, Ploieşti, vol. 5 (XXV), 1977.

[3] Posea, N., Anghel, Al. *Cercetări privind stabilirea dimensiunilor optime pentru cîrligul de foraj de 500 ts.* Referat contract cercetare ştiinţifică, 1979.

[4] Ilskii, L. *Rasciot i konstruirovanie burovogo abarudovanie.* Gostoptehizdat, Moskva, 1962.

[5] Posea, N. *Rezistenţa materialelor.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1979.

[6] Bublic, A. ş.a. *Utilaj petrolier pentru foraj şi extracţie.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1968.

[7] Bezuhov, N. *Teoria elasticităţii şi plasticităţii.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1957.

[8] Bugajewski, E. *Asupra calculului cîrligelor de tracţiune în cazul general al încărcării asimetrice.* Studii şi cercetări de mecanică aplicată. Tomul 29, nr. 6/1970

[9] * * * API — Spec. 8 A *Echipament de ridicare pentru foraj şi producţie,* 1976. Publicat de Institutul American al Petrolului Departamentul Producţie, 300 Corirgan Tower Building Dallas, Texas 75201.

# Rezistența elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (II)

Prof. dr. ing. **A. Pavel**
Institutul de petrol și gaze Ploiești

III. 4. *Solicitarea la presiune interioară hidrostatică*

III. 4.1. Rezemare simplă pe conturul inferior

Coloana tubulară cu diametru mare, avînd grosime de perete constantă ($s = \text{const.}$), se consideră echipată cu un dispozitiv (șiu) de tipul fundului la extremitatea inferioară, deschisă la extremitatea superioară, rezemată simplu pe conturul inferior (fig. 7) și solicitată unilateral la presiune interioară hidrostatică (fig. 1 *b*). Acestei din urmă solicitări, corespunzătoare umplerii coloanei de tubare date cu fluidul de lucru avînd greutatea volumică $\gamma_i$, pentru care $p = \gamma_i H = \gamma_i(H_c - x)$, respectiv $p_{max} = \gamma_i H_c$, îi revin condițiile: $p_x = 0$ și $p_z = -p = -\gamma_i H = -\gamma_i(H_c - x)$

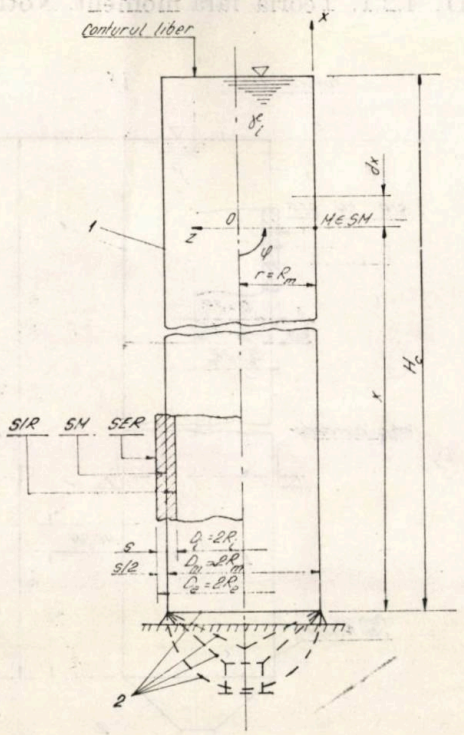



Fig. 7. Scheme de calcul pentru coloanele de tubare cu diametre mari, rezemate simplu pe conturul inferior și solicitate la presiune interioară hidrostatică:
*1* — tubulatura propriu-zisă; *2* — dispozitivele de tipul fundului (plat, conic, tronconic, bombat —semisferic, torosferic, sferic sau elipsoidal) inferior.

III. 4.1.1. Teoria fără moment. Din ecuația lui Laplace (15), (16) rezultă direct:

$$N_t = \frac{\gamma_i D_m}{2}(H_c - x); \tag{84}$$

$$\sigma_t = \sigma'_t = \frac{\gamma_i D_m}{2s}(H_c - x), \tag{85}$$

respectiv:

$$max.\ N_t = 0{,}5\ \gamma_i D_m H_c; \tag{86}$$

$$max.\ \sigma_t = max.\ \sigma'_t = 0{,}5\ \gamma_i D_m H_c/s, \tag{87}$$

remarcîndu-se identitatea structurală a expresiilor (30), (31) și (84) — (87).

Deoarece conturul inelar superior liber al structurii tubulare, aflat la cota $x = H_c$, nu este solicitat, corespunde $P_0 = 0$ și din ecuația (17), (18) rezultă imediat $N_m = 0 \rightarrow \sigma_m = \sigma'_m = 0$.

Reformulînd condiția de rezistență (34) pentru situația de față și anume:

$$\sigma_{max} = max.\,\sigma_t = max.\,\gamma_i D_m(H_c - x)/2s \leqslant$$

$$\leqslant \sigma_{as} = \varphi\sigma_a, \tag{88}$$

se obțin (pentru $x = 0$) următoarele formule de dimensionare:

$$s \geqslant \frac{\gamma_i D_i H_c}{2\varphi\sigma_a - \gamma_i H_c};\quad s \geqslant \frac{\gamma_i D_e H_c}{2\varphi\sigma_a + \gamma_i H_c}, \tag{89,90}$$

respectiv:

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{\gamma_i D_i H_c}{2\varphi\sigma_a - \gamma_i H_c} + s_a; \tag{91}$$

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{\gamma_i D_e H_c}{2\varphi\sigma_a + \gamma_i H_c} + s_a, \tag{92}$$

în cazurile particulare cu $\gamma_i H_c \ll 2\varphi\sigma_a$ (bunăoară, cu $\gamma_i H_c/2\varphi\sigma_a \leqslant 0{,}01 \rightarrow max.\ 1{,}00\%$) putîndu-se utiliza următoarea formulă aproximativă de dimensionare:

$$s_1 \geqslant \frac{\gamma_i D_{m,i,e} H_c}{2\varphi\sigma_a} + s_a. \tag{93}$$

De această dată este interesant, din punctul de vedere practic, a se remarca cum, pentru stări și, deci, condiții de solicitare identice, eforturile și eforturile unitare din tubulatură sînt invariabil aceleași, indiferent de forma constructiv-geometrică și de dimensiunile dispozitivului inferior de tipul fundului (fig. 7).

Presiunea hidrostatică de calcul fiind variabilă cu adîncimea după o l e g e l i n i a r ă (fig. 1 *b*), evident, dimensionarea coloanelor de tubare cu diametre mari trebuie să fie o p t i m i z a t ă, această problemă rezolvîndu-se prin t r o n s o n a r e a după criteriul treptelor de grosime $s_1$, standardizate, crescătoare către talpa sondei.

III. 4.1.2. Deformațiile și deplasările. În conformitate cu expresiile ecuațiilor fizice (23)— — (29), după particularizare, se obține (pentru $\mu = 0{,}3$ și $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ N/mm²):

$$\varepsilon_m = -7{,}282 \cdot 10^{-7} \gamma_i D_m (H_c - x)/s; \quad (94)$$

$$\varepsilon_t = 2{,}427 \cdot 10^{-6} \gamma_i D_m (H_c - x)/s; \quad (95)$$

$$u = \Delta = \varepsilon_m x = -7{,}282 \cdot 10^{-7} \gamma_i D_m (H_c - x) x/s; \quad (96)$$

$$v = \Delta r = -1{,}214 \cdot 10^{-6} \gamma_i D_m^2 (H_c - x)/s, \text{ [mm]}; \quad (97)$$

$$\vartheta = -0{,}5 D_m (d\varepsilon_t/dx) \gamma_i D_m^2/4Es = $$

$$= 1{,}214 \cdot 10^{-6} \gamma_i \cdot D_m^2/s, \text{ [rad]}, \quad (98)$$

respectiv:

$$max.\varepsilon_m = -7{,}282 \cdot 10^{-7} \gamma_i D_m H_c/s; \quad (99)$$

$$max.\varepsilon_t = 2{,}427 \cdot 10^{-6} \gamma_i D_m H_c/s; \quad (100)$$

$$max.\ v = \max.\Delta r = -1{,}214 \cdot 10^{-6} \gamma_i D_m^2 H_c/s, \quad (101)$$

rotirea $\vartheta$ a structurii tubulare fiind independentă de poziția punctului $M \in SM$ (fig. 7) și, deci, de cota $x$. De remarcat, totodată, că, pentru $x = 0$ și $x = H_c$, corespunde $u = \Delta = 0$, ceea ce nu constituie o surpriză, dată fiind schema de calcul (fig. 7).

III. 4.1.3. Teoria cu moment. Pentru cazul de față, din ecuațiile generale (9) și (10) se obține (pentru $\mu = 0{,}3$):

$$M_m = 0{,}028 \gamma_i (H_c - x) s^2; \quad (102)$$

$$M_t = 0{,}092 \gamma_i (H_c - x) s^2, \quad (103)$$

rezultînd:

$$\sigma_t'' = \pm 0{,}550 \gamma_i (H_c - x); \quad (104)$$

$$\sigma_m'' = \pm 0{,}165 \gamma_i (H_c - x), \quad (105)$$

astfel că:

$$\sigma_t = \sigma_t' + \sigma_t'' = \gamma_i (H_c - x)(D_m/2s \pm 0{,}550); \quad (106)$$

$$\sigma_m = \sigma_m' + \sigma_m'' = \pm 0{,}165 \gamma_i (H_c - x), \quad (107)$$

respectiv:

$$max.M_m = 0{,}028 \gamma_i H_c s^2; \quad (108)$$

$$max.M_t = 0{,}092 \gamma_i H_c s^2; \quad (109)$$

$$max.\sigma_t'' = \pm 0{,}550 \gamma_i H_c; \quad (110)$$

$$max.\sigma_m'' = \pm 0{,}165 \gamma_i H_c; \quad (111)$$

$$max.\sigma_t = \gamma_i H_c (D_m/2s \pm 0{,}550); \quad (112)$$

$$max.\sigma_m = \pm 0{,}165 \gamma_i H_c. \quad (113)$$

III. 4.2. R e z e m a r e s i m p l ă p e c o n t u r u l i n e l a r i n t e r m e d i a r cu $h \in (0, H_c)$

De această dată (fig. 8), coloana tubulară din alternativa precedentă se consideră rezemată simplu pe conturul i n t e r m e d i a r poziționat prin cota $h \in (0, H_c)$, toate celelalte condiții păstrîndu-se ca atare.

III. 4.2.1. Teoria fără moment. Notînd volu-

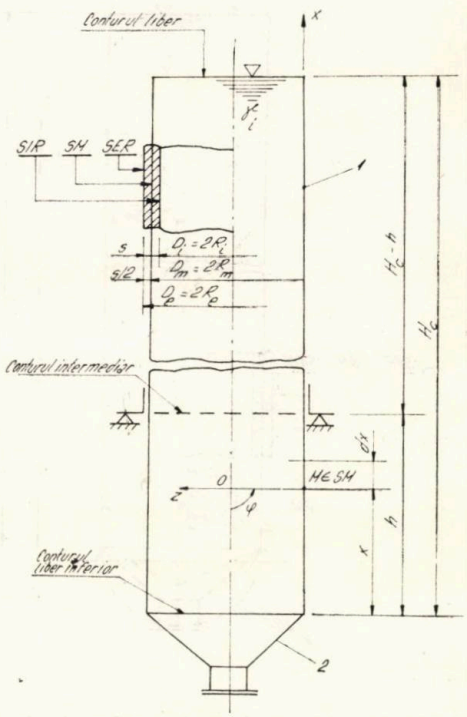



Fig. 8. Schema de calcul pentru coloanele de tubare cu diametre mari, rezemate simplu pe conturul intermediar cu $h \in (0, H_c)$ și solicitate la presiune interioară hidrostatică:

*1* — tubulatura propriu-zisă; *2* — dispozitivul de tipul fundului (tronconic) inferior.

mul dispozitivului inferior de tip fund cu $V_f$, în mm³ și admițînd aproximația cunoscută $D_i \to D_m$, rezultanta $P_0$, egală, în acest caz (fig. 8), cu cea a forțelor gravitaționale, preluate de așa-zisul fund (în practică numit șiu), are expresia evidentă:

$$P_0 = \gamma_i (0{,}785\ D_m^2 H_c + V_f). \qquad (114)$$

Pentru situațiile cînd $x \in [0, h]$ — (fig. 8) —, se poate verifica fără dificultate că expresiile de calcul (84), (85) rămîn valabile, iar din (17), (18) se obține (indiferent de $x$):

$$N_m = 0{,}25\,\gamma_i (D_m H_c + V_f / 0{,}785\ D_m); \qquad (115)$$

$$\sigma_m = \sigma'_m = (0{,}25\,\gamma_i / s)\ (D_m H_c + V_f / 0{,}785\ D_m). \qquad (116)$$

Comparînd (116) cu (87), se constată că, pe conturul inferior (fig. 8), atîta vreme cît $\gamma_i V_f / \pi D_m s \leqslant 0{,}5 \quad (max.\ \sigma_t) = 0{,}5 \quad (max.\ \sigma'_t)$, rezultă $\sigma_m = \sigma'_m \leqslant max.\ \sigma_t = max.\ \sigma'_t = 0{,}5\,\gamma_i D_m H_c / s$ și se regăsesc, astfel, formulele cunoscute (88) — (93).

Dacă, însă, $\gamma_i V_f / \pi D_m s > 0{,}5\ (max.\ \sigma_t) = 0{,}5\ (max.\ \sigma'_t)$, atunci rezultă $\sigma_m = \sigma'_m > max.\ \sigma_t = max.\ \sigma'_t$ și, pentru coloana de tubare dată (fig. 8), condiția de rezistență va trebui să fie următoarea:

$$\sigma_{max} = max.\ \sigma_m = (0{,}25\,\gamma_i / s)\ (D_m H_c + V_f / 0{,}785\ D_m) \leqslant \sigma_{as} = \varphi \sigma_a, \qquad (117)$$

de unde se obține direct o altă formulă generală de dimensionare, și anume

$$s \geqslant \frac{\gamma_i}{4 \varphi \sigma_a} \left( D_m H_c + \frac{4 V_f}{\pi D_m} \right) = \frac{\gamma_i D_m H_c}{4 \varphi \sigma_a} \left( 1 + \frac{V_f}{V_{cil}} \right), \qquad (118)$$

în care, în ipoteza $D_m \to D_i$, corespunde $V_{cil} = 0{,}785\ D_m^2 H_c \to 0{,}785\ D_i^2 H_c$.

Introducînd simplexul dimensional $\bar{V} = (1 + V_f / V_{cil})$, din (118) se obține:

$$s \geqslant \frac{\gamma_i D_i H_c \bar{V}}{4 \varphi \sigma_a - \gamma_i H_c \bar{V}}; \qquad (119)$$

$$s \geqslant \frac{\gamma_i D_e H_c \bar{V}}{4 \varphi \sigma_a + \gamma_i H_c \bar{V}}, \qquad (120)$$

respectiv:

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{\gamma_i D_i H_c \bar{V}}{4 \varphi \sigma_a - \gamma_i H_c \bar{V}} + s_a; \qquad (121)$$

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{\gamma_i D_e H_c \bar{V}}{4 \varphi \sigma_a + \gamma_i H_c \bar{V}} + s_a, \qquad (122)$$

atunci cînd $\bar{V} \to 1$, adică $V_f / V_{cil} \to 0$, rezultînd:

$$s_1 \geqslant \frac{\gamma_i D_i H_c}{4 \varphi \sigma_a - \gamma_i H_c} + s_a; \qquad (123)$$

$$s_1 \geqslant \frac{\gamma_i D_e H_c}{4 \varphi \sigma_a + \gamma_i H_c} + s_a. \qquad (124)$$

În cazurile particulare cu $\gamma_i H_c \ll 4 \varphi \sigma_a$ (de exemplu, cu $\gamma_i H_c / 4 \varphi \sigma_a \leqslant 0{,}01 \to \max. 1{,}00\ \%$), formulele exacte (121), (122) și (123), (124) se pot înlocui prin următoarele formule aproximative:

$$s_1 \geqslant \frac{\gamma_i D_{m,i,e} H_c \bar{V}}{4 \varphi \sigma_a} + s_a, \qquad (125)$$

respectiv:

$$s_1 \geqslant \frac{\gamma_i D_{m,i,e} H_c}{4 \varphi \sigma_a} + s_a. \qquad (126)$$

Dacă se înlocuiește dispozitivul (șiul) de volum $V_f$ printr-o structură cilindrică echivalentă cu diametrul $D_m$ și înălțimea $H_{ech}$, dar cu același volum $V_{cil\ ech} = V_f$, atunci se obține: $\gamma_i D_m H_{ech} / 4\ s > 0{,}5\ (max.\ \sigma_t) = 0{,}5\ (\max. \sigma'_t) = \gamma_i D_m H_c / 2s$, de unde rezultă $H_{ech} > 2\ H_c$, ceea ce înseamnă că, pentru a intra în domeniul de valabilitate al formulelor (117) — (126), este necesar ca înălțimea structurii cilindrice echivalente să depășească de cel puțin două ori înălțimea nivelului fluidului de lucru aflat în tubulatura propriu-zisă a coloanei de tubare cu diametru mare. În general, desigur, această din urmă constatare nu este caracteristică coloanelor tubulare studiate în ansamblu. Însă, situații asemănătoare pot apare la începutul tubării, respectiv al lansării în sondă (puț) și, de asemenea, atunci cînd se procedează la golirea puțului tubat.

Pentru alternativa cînd $x \in [h, H_c]$, evident, corespunde cazul (fig. 7) studiat în paragraful anterior 3.4.1.

III. 4.2.2. Deformațiile și deplasările. Conform ecuațiilor fizice (23) și (24), după particularizare, se obține (pentru $\mu = 0{,}3$ și $E = 2{,}06 \cdot 10^5\ \mathrm{N/mm^2}$):

$$\varepsilon_m = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\ \gamma_i D_m H_c [1 + 1{,}273\ V_f / D_m^2 H_c - 0{,}6(1 - x/H_c)] / s; \qquad (127)$$

$$\varepsilon_t = 2{,}427 \cdot 10^{-6} \gamma_i D_m H_c [1 - 0{,}191\ V_f / D_m^2 H_c - (0{,}15 + x/H_c)] / s, \qquad (128)$$

respectiv (pentru $x = 0$):

$$max.\ \varepsilon_m = 1{,}214 \cdot 10^{-6} \gamma_i D_m H_c (0{,}40 + 1{,}273\ V_f / D_m^2 H_c) / s; \qquad (129)$$

$$\max.\varepsilon_t = 2{,}427 \cdot 10^{-6}\,\gamma_i D_m H_c(0{,}85 - $$

$$- 0{,}191\,V_f/D_m^2 H_c)/s. \qquad (130)$$

Lungirea $\Delta r$, egală cu deplasarea $v$ și determinată prin particularizarea ecuației fizice (28) sau a ecuației fizice (26), are expresia (pentru $\mu = 0{,}3$ și $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ N/mm$^2$):

$$\Delta r = v = -0{,}5\,\varepsilon_t D_m = -1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m^2 H_c \cdot$$

$$\cdot[1 - 0{,}191\,V_f/D_m^2 H_c - (0{,}15 + x/H_c)]/s, \qquad (131)$$

respectiv (pentru $x = 0$):

$$max.\,\Delta r = max.\,v = -1{,}214 \cdot 10^{-6}\,\gamma_i D_m^2 H_c(0{,}85 -$$

$$- 0{,}191\,V_f/D_m^2 H_c)/s. \qquad (132)$$

În aceleași condiții $\mu$ și $E$, din ecuațiile fizice (25) și (27) se obține:

$$\Delta = u = \varepsilon_m x = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c x[1 +$$

$$+ 1{,}273\,V_f/D_m^2 H_c - 0{,}6(1 - x/H_c)]/s, \qquad (133)$$

pentru $x = 0$ (adică la nivelul conturului liber inferior) rezultînd $\Delta = u = 0$, iar pentru $x = h$ (adică la nivelul conturului intermediar de rezemare) corespunzînd:

$$\Delta = u = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c h[1 + 1{,}273 V_f/D_m^2 H_c -$$

$$- 0{,}6(1 - h/H_c)]/s. \qquad (134)$$

Atunci cînd $V_f/V_{cil} \ll 1$, adică $V_f \ll V_{cil} = \pi D_m^2 H_c/4$, ceea ce, practic, poate reveni la $V_f/V_{cil} < 0{,}05 \rightarrow 5{,}00\,\%$, rezultă următoarele formule aproximative:

$$\varepsilon_m = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c[1 - 0{,}6(1 - x/H_c)]/s; \qquad (135)$$

$$\varepsilon_t = 2{,}427 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c[1 - (0{,}15 + x/H_c)]/s; \qquad (136)$$

$$\Delta r = v = -1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m^2 H_c[1 - (0{,}15 +$$

$$+ x/H_c)]/s; \qquad (137)$$

$$\Delta = u = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c x[1 - 0{,}6(1 - x/H_c)]/s, \qquad (138)$$

pentru care, la nivelul conturului liber inferior ($x = 0$):

$$max.\,\varepsilon_m = 0{,}486 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c/s; \qquad (139)$$

$$max.\,\varepsilon_t = 2{,}063 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c/s; \qquad (140)$$

$$max.\,\Delta r = \max.v = -1{,}032 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m^2 H_c/s; \qquad (141)$$

$$\Delta = u = 0, \qquad (142)$$

respectiv, la nivelul conturului intermediar de rezemare ($x = h$):

$$\varepsilon_m = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c[1 - 0{,}6(1 - h/H_c)]/s; \qquad (143)$$

$$\varepsilon_t = 2{,}427 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c[1 -$$

$$- (0{,}15 - h/H_c)]/s; \qquad (144)$$

$$\Delta r = v = -1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m^2 H_c[1 -$$

$$- (0{,}15 + h/H_c)]/s; \qquad (145)$$

$$\Delta = u = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\gamma_i D_m H_c h[1 -$$

$$- 0{,}6(1 - h/H_c)]/s. \qquad (146)$$

Evident, formulele prezentate, (127) — (146), sînt valabile numai în intervalul $x \in [0, h]$, în care rotirea coloanelor de tubare în discuție (fig. 8), evaluată cu ecuația fizică generală (29), este cea cunoscută (98). În intervalul $x \in [h, H_c]$, deformațiile și deplasările corespunzătoare se vor determina cu formulele (94) — (101), problema fiind de tipul celei abordate în paragraful III.4.1.

III. 4.2.3. Teoria cu moment. Pentru $x \in [0, h]$, din ecuațiile generale (8) și (9) se obține (întrucît $\mu = 0{,}3$):

$$M_m = 0{,}028\gamma_i H_c s^2(0{,}85 - x/H_c -$$

$$- 0{,}191\,V_f/D_m^2 H_c); \qquad (147)$$

$$M_t = 0{,}092\,\gamma_i H_c s^2(0{,}85 - x/H_c -$$

$$- 0{,}191\,V_f/D_m^2 H_c), \qquad (148)$$

rezultînd:

$$\sigma_t'' = \pm 0{,}550\gamma_i H_c(0{,}85 - x/H_c - 0{,}191\,V_f/D_m^2 H_c); \qquad (149)$$

$$\sigma_m'' = \pm 0{,}165\,\gamma_i H_c(0{,}85 - x/H_c - 0{,}191\,V_f/D_m^2 H_c), \qquad (150)$$

astfel că:

$$\sigma_t = 0{,}5\,\gamma_i H_c[(D_m/s)(1 - x/H_c) \pm$$

$$\pm 0{,}935 \mp 1{,}1\,x/H_c \mp 0{,}21\,V_f/D_m^2 H_c]; \qquad (151)$$

$$\sigma_m = 0{,}25\,\gamma_i H_c[D_m/s + 1{,}273\,V_f/D_m H_c s \mp$$

$$\mp 0{,}561 \mp 0{,}66\,x/H_c \mp 0{,}126\,V_f/D_m^2 H_c], \qquad (152)$$

respectiv (pentru $x = 0$):

$$M_m = 0{,}028\ \gamma_i H_c s^2 (0{,}85 - 0{,}191\ V_f/D_m^2 H_c); \quad (153)$$

$$M_t = 0{,}092\ \gamma_i H_c s^2 (0{,}85 - 0{,}191\ V_f/D_m^2 H_c); \quad (154)$$

$$\sigma_t'' = \pm\ 0{,}550\ \gamma_i H_c (0{,}85 - 0{,}191\ V_f/D_m^2 H_c); \quad (155)$$

$$\sigma_m'' = \pm\ 0{,}165\ \gamma_i H_c (0{,}85 - 0{,}191\ V_f/D_m^2 H_c); \quad (156)$$

$$\sigma_t = \gamma_i H_c (D_m/2s \pm 0{,}468 \mp 0{,}105\ V_f/D_m^2 H_c); \quad (157)$$

$$\sigma_m = \gamma_i H_c [D_m/4\ s \pm 0{,}140 + V_f (0{,}318\ D_m/s \mp \mp 0{,}032)/D_m^2 H_c]. \quad (158)$$

În cazurile p a r t i c u l a r e cu $V_f/V_{cil} \ll 1$, adică $V_f \ll V_{cil}$, ceea ce, practic, poate reveni la $V_f/V_{cil} < 0{,}05 \rightarrow 5{,}00\%$, corespund următoarele formule a p r o x i m a t i v e (pentru $x = 0$):

$$M_m = 0{,}024\ \gamma_i H_c s^2; \quad (159)$$

$$M_t = 0{,}078\ \gamma_i H_c s^2; \quad (160)$$

$$\sigma_t'' = \pm\ 0{,}468\ \gamma_i H_c; \quad (161)$$

$$\sigma_m'' = \pm\ 0{,}140\ \gamma_i H_c; \quad (162)$$

$$\sigma_t = \gamma_i H_c (D_m/2\ s \pm 0{,}468); \quad (163)$$

$$\sigma_m = \gamma_i H_c (D_m/4\ s \pm 0{,}140). \quad (164)$$

Pentru $x \in [h, H_c]$, eforturile și eforturile unitare corespunzătoare se vor determina cu formulele (102) — (113), conform paragrafului III.4.1.

*

Așadar, practicarea unei rezemări simple, la nivelul conturului inelar intermediar poziționat prin cota $h$ (fig. 8), este a v a n t a j o a s ă și cu atît mai f a v o r a b i l ă cu cît înălțimile $x \rightarrow h$ sînt mai mari.

III.5 *Solicitarea la presiune exterioară hidrostatică*

III.5.1. R e z e m a r e s i m p l ă p e c o n t u r u l i n f e r i o r

Din punct de vedere constructiv, coloana de tubare cu diametru mare se considera în condițiile paragrafului III.4.1, fiind solicitată u n i l a t e r a l la presiune exterioară hidrostatică (fig. 1 *e*). Acestei solicitări, corespunzătoare umplerii spațiului inelar dintre sondă (puț) și coloana dată cu fluidul de lucru (fluid de foraj, pastă de ciment, apă etc). avînd greutatea volumică $\gamma_e$, pentru care $p = \gamma_e H = \gamma_e (H_c - x)$, respectiv $p_{max} = \gamma_e H_c$, îi revin condițiile: $p_x = 0$ și $p_z = p = \gamma_e H = \gamma_e (H_c - x)$.

III.5.1.1. Teoria fără moment. Conturul inelar superior liber (fig. 7) nefiind solicitat, evident, $P_0 = 0 \rightarrow N_m = 0 \rightarrow \sigma_m = \sigma_m'' = 0$. În rest, formulele (84) — (87) își mențin valabilitatea după substituția $\gamma_i \rightarrow \gamma_e$ și inversarea semnului algebric, rezultînd:

$$N_t = -\ 0{,}5\ \gamma_e D_m (H_c - x); \quad (165)$$

$$\sigma_t = \sigma_t' = -\ 0{,}5\ \gamma_e D_m (H_c - x)/s; \quad (166)$$

$$max.\ N_t = -\ 0{,}5\ \gamma_e D_m H_c; \quad (167)$$

$$max.\ \sigma_t = max.\ \sigma_t' = -\ 0{,}5\ \gamma_e D_m H_c/s. \quad (168)$$

Cum semnul algebric (minus) nu interesează atunci cînd se formulează condiția de rezistență, se înțelege că formulele (88) — (93) își păstrează valabilitatea așa cum sînt structurate, operîndu-se numai substituțiile $\gamma_i \rightarrow \gamma_e$, $\varphi = 1{,}00$ și $\sigma_{as} = \varphi \sigma_a \rightarrow \sigma_{ac}$.

III.5.1.2. Deformațiile și deplasările. Formulele (94) — (101) rămîn de asemenea valabile după inversarea semnului algebric și efectuarea substituției $\gamma_i \rightarrow \gamma_e$.

III.5.1.3. Teoria cu moment. La rîndul lor, și formlele (102) — (111) rămîn valabile după inversarea semnului algebric și efectuarea substituției $\gamma_i \rightarrow \gamma_e$.

III.5.2. R e z e m a r e s i m p l ă p e c o n t u r u l i n e l a r i n t e r m e d i a r cu $h \in (0, H_c)$

Din punct de vedere constructiv, coloana de tubare cu diametru mare se consideră, de această dată, în condițiile paragrafului III.4.2 (fig. 8), fiind solicitată u n i l a t e r a l la presiune exterioară hidrostatică (fig. 1 *e*).

III.5.2.1. Teoria fără moment. Admițînd aproximația cunoscută $D_e \rightarrow D_m$ și presupunînd că dispozitivul de tip fund (șiul) este închis etanș, rezultanta $P_0$, egală, de această dată, cu cea a forțelor de presiune preluate de frontalul extremității inferioare a coloanei de tubare cu diametru mare, are următoarea expresie evidentă:

$$P_0 = -\ 0{,}785\ \gamma_e D_m^2 H_c, \quad (169)$$

pentru $x \in [0, h]$ (fig. 8), în baza ecuațiilor (17), (18), rezultînd:

$$N_m = -\ 0{,}25\ \gamma_e D_m H_c; \quad (170)$$

$$\sigma_m = \sigma_m' = -\ 0{,}25\ \gamma_e D_m H_c/s, \quad (171)$$

fără ca ecuațiile (165) — (168) să-și piardă valabilitatea.

Așadar, pentru oricare $x \leqslant h \leqslant 0{,}5\ H_c$, îndeplinirea restricției $\sigma'_m \leqslant \sigma'_t$ este asigurată și, deci, $\sigma_{max} = \sigma'_t$, formulele (88) — (93) rămînînd valabile, cu structura dată (se reamintește că semnul algebric nu interesează atunci cînd se formulează condiția de rezistență), după efectuarea substituțiilor precizate în aliniatul III.5.1.1. Dacă, însă, apar situații cu $x \leqslant h$ pentru care $x > 0{,}5\ H_c$, cînd $\sigma'_m > \sigma'_t$, condiția de rezistență se reformulează astfel:

$$\sigma_{max} = \sigma_m = \sigma'_m = 0{,}25\ \gamma_e D_m H_c / s \leqslant \sigma_{ac}, \quad (172)$$

rezultînd direct următoarele noi formule de dimensionare:

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{\gamma_e D_i H_c}{4\,\sigma_{ac} - \gamma_e H_c} + s_a; \quad (173)$$

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{\gamma_e D_e H_c}{4\ \sigma_{ac} + \gamma_e H_c} + s_a, \quad (174)$$

respectiv (pentru $\gamma_e H_c \ll 4\ \sigma_{ac}$):

$$s_1 = s + s_a \geqslant \frac{\gamma_e D_{m.i.e} H_c}{4\ \sigma_{ac}} + s_a, \quad 175)$$

care sînt identice cu (119) — (126) pentru $\bar{V} \to 1$, $\gamma_i \to \gamma_e$ și $\varphi\sigma_a \to \sigma_{ac}$.

Evident, rezolvarea prezentată, căreia îi corespund expresiile de calcul (169) — (175), este conformă și, deci, valabilă, numai în intervalul $x \in [0, h]$.

În afara acestui din urmă interval, adică pentru $x \in [h, H_c]$, problema enunțată se rezolvă la fel ca în aliniatul III.5.1.1.

În situațiile practice cînd dispozitivul de tip fund (șiul) este neetanș sau se deschide instantaneu, desigur, $P_0 \to 0$, respectiv $N_m \to 0$, adică $\sigma_m = \sigma'_m \to 0$ și problema teoriei fără moment se rezolvă ca în paragraful III.5.1, indiferent de valoarea $x \in [0, H_c)$, ceea ce atestă inutilitatea rezemării simple pe un contur inelar intermediar oarecare.

III. 5.2.2. Deformațiile și deplasările. Deformațiile și deplasările corespunzătoare se determină cu formulele (135) — (142), care devin exacte, pentru $x \in [0, h)$, respectiv cu formulele (143) — (146), care de asemenea devin exacte, pentru $x = h$ și cu formulele (94) — (101) pentru $x \in [h, H_c]$, bineînțeles, după inversarea semnului algebric și operarea substituției $\gamma_i \to \gamma_e$.

III. 5.2.3. Teoria cu moment. După particularizarea ecuațiilor (9) și (10), se obține (pentru $x \in [0, h]$, $\mu = 0{,}3$ și $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ N/mm²):

$$M_m = -0{,}028\ \gamma_e H_c s^2\ (0.85 - x/H_c); \quad (176)$$

$$M_t = -0{,}092\ \gamma_e H_c s^2\ (0{,}85 - x/H_c), \quad (177)$$

rezultînd:

$$\sigma''_t = \mp\ 0{,}550\ \gamma_e H_c (0{,}85 - x/H_c); \quad (178)$$

$$\sigma''_m = \mp\ 0{,}165\ \gamma_e H_c (0{,}85 - x/H_c), \quad (179)$$

astfel că:

$$\sigma_t = -0{,}5 \gamma_e H_c [(D_m/s)(1 - x/H_c) \pm 0{,}935 \mp \mp\ 1{,}1\ x/H_c]; \quad (180)$$

$$\sigma_m = -\ 0{,}25\ \gamma_e H_c [D_m/s \pm 0{,}561 \mp 0{,}66\ x/H_c], \quad (181)$$

formulele (176) — (181) rezultînd și direct din (147) — (152), după inversarea semnului algebric, dacă $\gamma_i \to \gamma_e$ și $V_f \to 0$, ceea ce constituie un rezultat cu totul firesc.

Pe conturul liber inferior, adică pentru $x = 0$, din (176) — (181) rezultă direct formulele (159) — (164), care, de această dată, sînt exacte.

Atunci cînd $P_0 \to 0$ (vezi aliniatul III 5.2.1), întrucît $N_m \to 0$ și, deci, $\sigma_m = \sigma'_m \to 0$. corespund formulele:

$$M_m = -\ 0{,}028\ \gamma_e H_c s^2 (1 - x/H_c); \quad (182)$$

$$M_t = -\ 0{,}092\ \gamma_e H_c s^2 (1 - x/H_c), \quad (183)$$

rezultînd direct:

$$\sigma_t = -\ 0{,}5 \gamma_e H_c (1 - x/H_c)(D_m/s \pm 1{,}1); \quad (184)$$

$$\sigma_m = \mp\ 0{,}165 \gamma_e H_c (1 - x/H_c), \quad (185)$$

în acest caz particular, pentru $x = 0$ (pe conturul liber inferior — fig. 8), obținîndu-se:

$$M_m = -\ 0{,}028\ \gamma_e H_c s^2; \quad (186)$$

$$M_t = -\ 0{,}092\ \gamma_e H_c s^2; \quad (187)$$

$$\sigma_t = -\ 0{,}5\ \gamma_e H_c (D_m/s \pm 1{,}1); \quad (188)$$

$$\sigma_m = \mp\ 0{,}165\ \gamma_e H_c. \quad (189)$$

Evident, în intervalul $x \in [h, H_c]$, problema teoriei cu moment se va rezolva la fel ca în aliniatul III.5.1.3.

III.6. *Solicitarea la presiune diferențială hidrostatică*

Într-o asemenea alternativă de solicitare, sînt posibile următoarele trei cazuri:

1) presiunea hidrostatică interioară $\gamma_i H = \gamma_i\ (H_c - x)$ este mai mare decît cea exterioară $\gamma_e H = \gamma_e (H_c - x)$, deoarece $\gamma_i > \gamma_e$, astfel că $p = (\gamma_i - \gamma_e) H = (\gamma_j - \gamma_e)\ (H_c - x) > 0$; ca atare, calculele se vor efectua conform paragrafului III.4, pentru $p_z = -(\gamma_i - \gamma_e)\ (H_c - x)$, astfel că $\gamma_i \to (\gamma_i - \gamma_e)$;

2) presiunea hidrostatică interioară $\gamma_i H = \gamma_i(H_c - x)$ este mai mică decît cea exterioară $\gamma_e H = \gamma_e(H_c - x)$ (fig. 1 *j*), deoarece $\gamma_i < \gamma_e$, astfel că $p = (\gamma_i - \gamma_e)H = (\gamma_i - \gamma_e)(H_c - x) < 0$; ca atare, calculele se vor efectua conform paragrafului III.5, pentru $p_z = (\gamma_e - \gamma_i)(H_c - x)$, astfel că $\gamma_e \to (\gamma_e - \gamma_i)$;

3) presiunea hidrostatică interioară $\gamma_i H = \gamma_i(H_c - x)$ este egală cu cea exterioară $\gamma_e H = \gamma_e(H_c - x)$, deoarece $\gamma_i = \gamma_e$, astfel că $p = (\gamma_i - \gamma_e)H = (\gamma_i - \gamma_e)(H_c - x) = 0$; evident, un astfel de caz banal nu necesită efectuarea de calcule speciale, practic, structura tubulară a coloanelor cu diametre mari nefiind solicitată.

### III.7. *Solicitarea mixtă la presiune interioară, exterioară sau diferențială*

În figura 1 sînt exemplificate, schematic și ilustrativ, cîteva alternative de solicitare mixtă la presiune unilaterală a coloanelor de tubare cu diametre mari, și anume:

**a)** solicitarea concomitentă la presiune interioară uniformă și hidrostatică (numai pe înălțimea $H_c - H_1$, fig. 1 *c*);

**b)** solicitarea concomitentă la presiune exterioară uniformă și hidrostatică (numai pe înălțimea $H_c - H_1$, fig. 1 *f*);

**c)** solicitarea concomitentă la presiune exterioară hidrostatică cu discontinuitate valorică la nivelul cotei oarecare $H_1$ (fig. 1 *g*), respectiv la presiuni exterioare hidrostatice cu mărimi $\gamma_e$ neidentice ($\gamma_{e1} < \gamma_{e2}$ în fig. 1 *g*);

**d)** solicitarea concomitentă la presiune diferențială hidrostatică, presiunea interioară hidrostatică variind monoton, iar presiunea exterioară hidrostatică prezentînd o discontinuitate valorică la nivelul cotei oarecare $H_1$ (fig. 1 *k*).

Evident, exemplificările menționate nu epuizează alternativele practice de solicitare mixtă, la presiune unilaterală sau multilaterală, a coloanelor de tubare cu diametre mari, ci au numai atribuții orientative.

În condițiile solicitării mixte la presiune unilaterală sau multilaterală, uniformă și/sau hidrostatică, interioară și/sau exterioară, calculul structurii tubulare a coloanelor cu diametre mari se efectuează în baza principiului superpoziției (suprapunerea algebrică a efectelor fiind nerestrictivă în domeniul elastic al comportării sub sarcină a materialelor și sistemelor tehnice), paragrafele anterioare III.1—III.6 furnizînd toate soluțiile singulare constitutive.

Bunăoară, pentru alternativa de solicitare ilustrată în figura 1 *c*, materializarea principiului superpoziției se face folosind soluțiile singulare corespunzătoare din paragrafele III.1 și III.4, cu semnele lor algebrice, iar pentru alternativa din figura 1 *f* se apelează la rezolvările din paragrafele III.2 și III.5, de asemenea cu respectarea riguroasă a semnelor algebrice.

### III.8. *Solicitarea longitudinală sub acțiunea cîmpului gravific terestru*

Sub acțiunea cîmpului gravific terestru, coloanele de tubare cu diametre mari pot fi solicitate longitidinal: a) numai la întindere → tracțiune (fig. 2 *a*); b) numai la compresiune (fig. 2 *b*); c) parțial la compresiune (fig. 2 *c*); d) parțial la compresiune și parțial la întindere etc. Așadar, în condițiile date, coloanele tubulare în discuție pot fi solicitate longitudinal, total sau parțial, la întindere și/sau compresiune.

#### III.8.1. Solicitarea la întindere (tracțiune)

Se introduc următoarele notații noi: $G_c = G_m + G_{nm}$ — greutatea totală, metalică ($G_m$) și nemetalică ($G_{nm}$), a coloanei tubulare, în N; $G_x$ — greutate de calcul corespunzătoare unei secțiuni transversale curente a coloanei de tubare, în N; $A_c = 0{,}785\,(D_e^2 - D_i^2) = \pi D_m s$ — aria secțiunii transversale de calcul (corespunzătoare peretelui de rezistență cu grosimea $s$ = const.) a tubulaturii coloanei, în mm²; $\gamma_0 = 77$ kN/m³ = $= 7{,}7 \cdot 10^{-5}$ N/mm³ — greutatea volumică a oțelurilor din care se execută elementele (tubulatură, cintre, moaze etc. ale) coloanelor de tubare cu diametre mari.

Greutatea $G_m$ include greutatea proprie a tubulaturii și a îmbinărilor, greutatea cintrelor, greutatea moazelor etc. și, pentru calcule orientative, se poate determina cu următoarea formulă aproximativă:

$$G_m = \pi k_G D_{mt} s_1 H_c \gamma_0 = 2{,}419 \cdot 10^{-4} k_G D_{mt} s_1 H_c, \text{ [N]} \tag{190}$$

în care $D_{mt} = 0{,}5\,(D_{et} + D_{it})$, iar $k_G = 1{,}30 \ldots 1{,}50$ reprezintă corecția privind includerea greutății cintrelor, moazelor și a altor amenajări sau echipamente auxiliare.

Greutatea $G_{nm}$ include, de regulă, greutatea fluidului de lucru din interiorul coloanei de tubare și se poate evalua cu umătoarea formulă evidentă:

$$G_{nm} = 0{,}785 D_{it}^2 H_c \gamma_i. \quad \text{[N]} \tag{191}$$

Ca urmare, greutatea totală $G_c$ va putea avea următoarele valori (se neglijează efectele portanței):

**a)** în condițiile coloanei pline, complet deschise la partea sa inferioară (fără șiu sau cu șiu cilindric neobturat) și ale coloanei goale, complet obturate la extremitatea inferioară (cu șiu închis etanș);

$$G_c = G_m = \pi k_G D_{mt} s_1 H_c \gamma_0, \tag{192}$$

respectiv (fig. 1):

$$G_x = \pi k_G D_{mt} s_1 (H_c - x)\gamma_0; \tag{193}$$

**b)** în condițiile coloanei pline, complet obturate la extremitatea sa inferioară (cu șiu închis etanș):

$$G_c = G_m + G_{nm} = \pi D_{mt} s_1 H_c \left[ k_G \gamma_0 + \frac{D_{it}^2}{4 D_{mt} s_1} \gamma_i \right], \tag{194}$$

respectiv (fig. 1):

$$G_x = \pi D_{mt} s_1 (H_c - x)\left[k_G\gamma_0 + \frac{D_{it}^2}{4\,D_{mt}s_1}\gamma_i\right]; \quad (195)$$

**e)** în condițiile coloanei pline, deschise parțial (cu diametrul $D_0 < D_{it}$, în mm) la extremitatea sa inferioară (cu șiu tronconic neobturat):

$$G_{nm} = 0{,}785\ (D_{it}^2 - D_0^2)H_c\gamma_i; \ [\mathrm{N}]; \quad (196)$$

$$G_c = \pi D_{mt} s_1 H_c\left[k_G\gamma_0 + \frac{D_{it}^2 - D_0^2}{4\,D_{mt}s_1}\gamma_i\right], \quad (197)$$

respectiv (fig. 1):

$$G_x = \pi D_{mt} s_1 (H_c - x)\left[k_G\gamma_0 + \frac{D_{it}^2 - D_0^2}{4\,D_{mt}s_1}\gamma_i\right]. \quad (198)$$

Pentru condițiile solicitării la întindere longitudinală sub acțiunea cîmpului gravific terestru (fig. 2 *a*), într-o secțiune transversală curentă a coloanei tubulare, poziționată prin cota $x$, corespunde efortul longitudinal curent $N_{mx} = G_x$ și, deci, efortul longitudinal maxim $N_{m\,max} = G_c$, astfel că eforturile unitare longitudinale concordante vor fi:

$$\sigma_{mx}^G = N_{mx}/A_c = G_x/\pi D_m s, \quad (199)$$

respectiv (pentru $x = 0$):

$$\sigma_{m\,max}^G = N_{m\,max}/A_c = G_c/\pi D_m s. \quad (200)$$

Prin urmare, lungirea specifică $\varepsilon_m^G$ va avea următoarea expresie de calcul:

$$\varepsilon_{mx}^G = \sigma_{mx}^G/E = G_x/\pi D_m s\,E, \quad (201)$$

respectiv (pentru $x = 0$):

$$\varepsilon_{m\,max}^G = \sigma_{m\,max}^G/E = G_c/\pi D_m s E, \quad (202)$$

iar pentru lungirea propriu-zisă $\Delta^G = \Delta H$ a structurii tubulare, în ansamblul său, se va obține formula:

$$\Delta H_x = \varepsilon_{mx}^G H = G_x(H_c - x)/\pi D_m s\,E, \quad (203)$$

respectiv (pentru $x = 0$):

$$\Delta H_c = \varepsilon_{m\,max}^G H_c = G_c H_c/\pi D_m s E. \quad (204)$$

Pentru secțiunea transversală cea mai solicitată condiția de rezistență se exprimă astfel:

$$\sigma_{max} = \sigma_{m\,max}^G = G_c/A_c = G_c/\pi D_m s \leqslant \sigma_{as} = \varphi\sigma_a, \quad (205)$$

de unde se obține (pentru $D_m \to D_i$) următoarea formulă generală de dimensionare:

$$s_1 = s + s_a \geqslant G_c/\pi D_i \varphi\sigma_a + s_a. \quad (206)$$

Pentru secțiunea transversală curentă, corespund expresiile:

$$\sigma_x = \sigma_{mx}^G = G_x/\pi D_m s_x \leqslant \sigma_{as} = \varphi\sigma_a; \quad (207)$$

$$s_{1x} = s_x + s_a \geqslant G_x/\pi D_i \varphi\sigma_a + s_a. \quad (208)$$

Bunăoară, dacă se admite valabilitatea formulelor (192) și (193), corespunzătoare cazului a) de solicitare la întindere longitudinală, atunci rezultă (pentru $\gamma_0 = 7{,}7.10^{-5}$ N/mm³ și $E = 2{,}06.10^5$ N/mm²):

$$\sigma_{m\,max}^G = 7{,}7.10^{-5} k_G(D_{mt}/D_m)(s_1/s)H_c; \ [\mathrm{N/m^2}] \quad (209)$$

$$\varepsilon_{m\,max}^G = 3{,}74.10^{-10} k_G(D_{mt}/D_m)(s_1/s)\,H_c; \ [\mathrm{mm/mm}] \quad (210)$$

$$\Delta H_c = 3{,}74\cdot 10^{-10}\ k_G(D_{mt}/D_m)(s_1/s)H_c^2; \ [\mathrm{mm}] \quad (211)$$

pentru $D_{mt} \to D_m = \text{const.}$ și $s_1 \to s$ const. obținîndu-se:

$$\sigma_{m\,max}^G = 7{,}7\cdot 10^{-5} k_G H_c; \ [\mathrm{N/mm^2}] \quad (212)$$

$$\varepsilon_{m\,max}^G = 3{,}74\cdot 10^{-10} k_G H_c; \ [\mathrm{mm/mm}] \quad (213)$$

$$\Delta H_c = 3{,}74\cdot 10^{-10} k_G H_c^2; \ [\mathrm{mm}] \quad (214)$$

$$H_c \leqslant \varphi\sigma_a/k_G\gamma_0 = 1{,}3\cdot 10^4 \varphi\sigma_a/k_G; \ [\mathrm{mm}] \quad (215)$$

ultima restricție, decurgînd din condiția de rezistență (205), limitînd adîncimea de tubare $H_c$, respectiv:

$$\sigma_{mx}^G = 7{,}7\cdot 10^{-5}\ k_G(D_{mt}/D_m)(s_1/s)(H_c - x); \ [\mathrm{N/mm^2}] \quad (216)$$

$$\varepsilon_{mx}^G = 3{,}74\cdot 10^{-10}\ k_G(D_{mt}/D_m)(s_1/s)(H_c - x); \ [\mathrm{mm/mm}] \quad (217)$$

$$\Delta H_x = 3{,}74\cdot 10^{-10}\ k_G(D_{mt}/D_m)(s_1/s)(H_c - x)^2; \ [\mathrm{mm}] \quad (218)$$

pentru $D_{mt} \to D_m = \text{const.}$ și $s_1 \to s = \text{const.}$ obținîndu-se:

$$\sigma_{mx}^G = 7{,}7\cdot 10^{-5} k_G(H_c - x); \ [\mathrm{N/mm^2}] \quad (219)$$

$$\varepsilon_{mx}^G = 3{,}74\cdot 10^{-10} k_G(H_c - x); \ [\mathrm{mm/mm}] \quad (220)$$

$$\Delta H_x = 3{,}74\cdot 10^{-10} k_G(H_c - x)^2; \ [\mathrm{mm}] \quad (221)$$

$$(H_c - x) \leqslant \varphi\sigma_a/k_G\gamma_0 = 1{,}3\cdot 10^4 \varphi\sigma_a/k_G, \ [\mathrm{mm}] \quad (222)$$

ultima restricție, decurgînd din condiția de rezistență (207), limitînd adîncimea curentă $(H_c - x)$.

III. 8.2 Solicitarea la compresiune

În condițiile solicitării la compresiune longitudinală sub acțiunea cîmpului gravific terestru (fig. 2 *b*), după inversarea semnului algebric global și operarea substituției $\varphi\sigma_a \rightarrow \sigma_{ac}$, formulele generale anterioare (199) — —(208) își mențin valabilitatea. Se reamintește, numai, că semnul algebric nu interesează atunci cînd se formulează condițiile de rezistență (205) și (207), respectiv, atunci cînd se procedează la dimensionări cu formulele (206) și (208) sau (215) și (222).

Evident, identitatea structurală a relațiilor de calcul antecitate nu presupune identitatea comportării fenomenologice. Solicitată la întindere, coloana tubulară care nu este rectilinie mai întîi se „îndreaptă", adică se autocorectează și după aceea se lungește în mod obișnuit. Solicitată la compresiune, aceeași coloană tubulară nerectilinie nu se mai autocorectează, ci-și amplifică treptat distorsiunile, la un anumit moment putînd ceda prin încovoiere. Mai mult, chiar coloanele tubulare rectilinii, dacă sînt comprimate longitudinal peste o anumită limită, pot ceda prin flambare sau prin colaps [2]. Cum se cunoaște din Rezistența materialelor, ca natură și efecte, distrugerile prin compresiune diferă totalmente de distrugerile prin întindere.

III.9. *Solicitarea la încovoiere*

Solicitarea la încovoiere a coloanelor de tubare cu diametre mari poate fi:

**a)** pură, corespunzătoare acțiunii unor momente încovoietoare ce apar ca efect al devierii sondei (fig. 3) sau ca alte efecte asemănătoare;

**b)** oblică, corespunzătoare comprimării longitudinale a tubulaturilor nerectilinii, în general, sau a tubulaturilor rectilinii suficient de lungi (adînci), în particular;

**c)** transversală, corespunzătoare unor efecte de consolă cauzate de acțiuni transversale concentrate, cvasiconcentrate sau distribuite, locale, zonale sau generale;

**d)** mixtă — pură și oblică (fig. 3), pură și transversală, oblică și transversală etc.

Se introduc, în plus, următoarele notații: $M_{max}$ — momentul încovoietor rezultant maxim preluat de coloana de tubare cu diametru mare, în N.mm; $M_x$ — momentul încovoietor rezultant corespunzător unei secțiuni transversale curente a coloanei de tubare, în N.mm; $W_c = 0{,}098\,(D_e^4 - D_i^4)/D_e = 0{,}098\,D_e^3(1 - D_i^4/D_e^4) \approx 0{\cdot}74\,D_m^2 s$ — modulul de rezistență axial al secțiunii transversale de calcul (corespunzătoare peretelui de rezistență cu grosimea $s$ = const.) a tubulaturii coloanei, în mm³; $\sigma_{ai}$ — rezistența admisibilă a materialului de bază al structurii tubulare a coloanei pentru solicitarea statică de încovoiere, în N/mm².

Presupunîndu-se cunoscute mărimile $M_{max}$ și $M_x$, condiția de rezistență, corespunzătoare cazului de față, se exprimă astfel:

— pentru secțiunea transversală cea mai solicitată:

$$\sigma_{max} = \sigma_{m\,max}^{M} = \pm M_{max}/W_c = \pm 1{,}35\,M_{max}/D_m^2 s \leqslant \sigma_{ai}, \tag{223}$$

de unde rezultă (pentru $D_m \rightarrow D_i$, semnul algebric neinteresînd) următoarea formulă generală de dimensionare:

$$s_1 = s + s_a \geqslant 1{,}35\,M_{max}/D_i^2\,\sigma_{ai} + s_a; \tag{224}$$

— pentru secțiunea transversală curentă:

$$\sigma_x = \sigma_{mx}^{M} = \pm 1{,}35\,M_x/D_m^2 s \leqslant \sigma_{ai}, \tag{225}$$

de unde se obține (tot pentru $D_m \rightarrow D_i$, semnul algebric neinteresînd):

$$s_{1x} = s_x + s_a \geqslant 1{,}35\,M_x/D_i^2\sigma_{ai} + s_a. \tag{226}$$

III.10. *Solicitarea concomitentă la presiune, întindere sau compresiune longitudinală și încovoiere*

Notînd eforturile unitare rezultante inelare cu $\sigma_{t\Sigma}$, în N/mm² și eforturile unitare rezultante longitudinale cu $\sigma_{m\Sigma}$, de asemenea în N/mm², conform principiului superpoziției, în condițiile solicitării concomitente a coloanelor de tubare cu diametre mari la presiune, întindere sau compresiune longitudinală și încovoiere, pentru oricare secțiune transversală de calcul, rezultă următoarele restricții generale de tip clasic:

$$\sigma_{t\Sigma} = \sigma_t \leqslant \sigma_{as} = \varphi\sigma_a; \tag{227}$$

$$\sigma_{m\Sigma} = \sigma_m + \sigma_m^G + \sigma_m^M \leqslant \sigma_{as} = \varphi\sigma_a, \tag{228}$$

întrucît, întotdeauna, $\sigma_{as} \leqslant \varphi\sigma_a < \sigma_{ai} < \sigma_{ac}$.

Într-o viziune modernă și riguroasă, restricția (228) se poate retranscrie, de la caz la caz, în una din următoarele forme:

$$\frac{\sigma_m}{\varphi\sigma_a} + \frac{\sigma_m^G}{\varphi\sigma_a} + \frac{\sigma_m^M}{\sigma_{ai}} \leqslant 1; \tag{229}$$

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma_m^G}{\varphi\sigma_i} + \frac{\sigma_m^M}{\sigma_{ai}} \leqslant 1; \tag{230}$$

$$\frac{\sigma_m}{\varphi\sigma_a} + \frac{\sigma_m^G}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma_m^M}{\sigma_{ai}} \leqslant 1; \qquad (231)$$

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma_m^G}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma_m^M}{\sigma_{ai}} \leqslant 1 \qquad (232)$$

etc., mărimile însumate de la numărător, cu semnele lor algebrice, determinîndu-se după cum urmează: $\sigma_m$ – conform paragrafelor III.1–III.7; $\sigma_m^G$ – conform paragrafului III.8 și $\sigma_m^M$ – conform paragrafului III.9 Evident, mărimile însumate $\sigma_t$ din (227), cu semnele lor algebrice, se vor determina conform paragrafelor III.1–III.7.

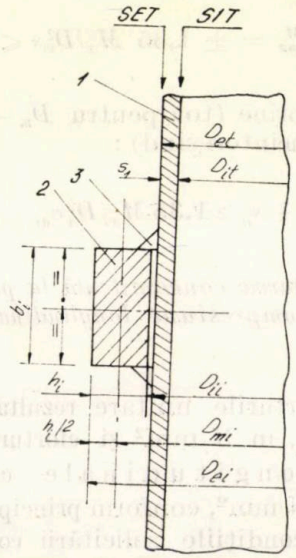



Fig. 9. Schița constructivă a cintrelor cu profil transversal dreptunghiular ($b_i > h_i$):

*1* – structura tubulară propriu-zisă; *2* – cintrul; *3* – sudurile de solidarizare, bilaterale, continue sau discontinue alternate.

## IV. Calculul cintrelor

După cum se știe [2], cintrele au funcția unor dispozitive inelare (indice $i$) de consolidare și rigidizare transversală a coloanelor de tubare cu diametre mari.

Se introduc notațiile (fig. 9): $D_{ei} = 2R_{ei}$, $D_{mi} = 2R_{mi}$, $D_{ii} = 2R_{ii}$ – diametrele exterior, mediu și interior ale corpului de rezistență al cintrelor, în mm; evident, din motive constructive și de montare, $D_{ii} > D_{et}$, adoptîndu-se $D_{ii} = D_{et} + (3 \ldots 5)$ mm; $b_i$, $h_i$ – lățimea și, respectiv, înălțimea profilului transversal al (secțiunii transversale de rezistență a) cintrelor, în mm; $A_i (= b_i h_i)$ și $I_i (= b_i h_i^3/12)$ – aria, în mm² și momentul de inerție, în mm⁴, ale secțiunii transversale a cintrelor; $A_{ie} = A_i + (b_i + 30\,s)\,s$ – aria secțiunii transversale de rezistență, compuse (eficiente), a acelorași cintre, în mm²; $I_{ie}$ și $W_{ie} = I_{ie}/z$ – momentul de inerție, în mm⁴ și modulul de rezistență, în mm³, ale secțiunii transversale de rezistență, compuse (eficiente), a cintrelor, calculate conform cu [2, 3], unde se precizează și mărimea dimensională $z$, în mm; $w$, $w_0$ – deplasările radială curentă și radială maximă ale cintrelor solicitate, în mm, apărute ca efecte ale distorsionării formei inițiale perfect circulare; $q = p \cdot 1$ – sarcina exterioară radială unitară, în N/mm, ea reprezentînd rezultanta așa-numitei presiuni exterioare $p$, în N/mm², ce revine unității de lungime din perimetrul median $2\pi R_{mi} = \pi D_{mi}$ al cintrului circular.

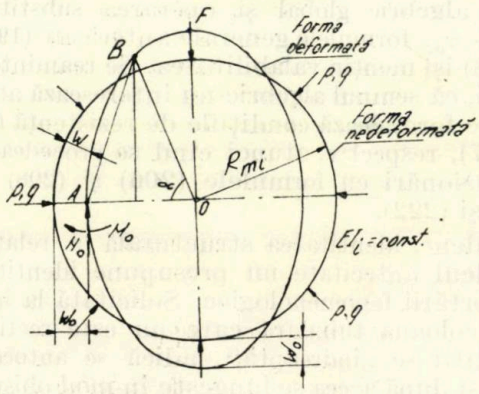



Fig. 10. Schema de calcul privind cintrele circulare cu $E\,I_i = \text{const}$.

Se consideră un cintru inițial perfect circular, cu $E\,I_i = \text{const}$., care este solicitat prin sarcinile exterioare radiale uniforme $q$ și se presupune că forma deformată a cintrului respectiv, sub acțiunea sarcinilor $q$, este cea schematizată ca atare în figura 10. Se poate demonstra ușor că:

**a)** efortul normal de compresiune $N_0$, în $N$, în secțiunea transversală corespunzătoare punctului $A$, are expresia:

$$N_0 = q\,(0{,}5\,D_{mi} - w_0); \qquad (233)$$

**b)** momentul încovoietor, în N.mm, în aceeași secțiune transversală este $M_0$, iar într-o secțiune transversală oarecare, corespunzătoare, bunăoară, punctului $B$, are expresia:

$$M = M_0 - 0{,}5qD_{mi}(w_0 - w), \qquad (234)$$

ecuația diferențială a fibrei medii a cintrului distorsionat avînd forma clasică cunoscută:

$$\frac{d^2w}{d\alpha^2} + w\left(1 + \frac{qD_{mi}^3}{8EI_i}\right) = \frac{0{,}5\,qD_{mi}^3 w_0 - M_0 D_{mi}^2}{4\,EI_i}, \qquad (235)$$

a cărei soluție generală este următoarea:

$$w = C_1 \sin n\alpha + C_2 \cos n\alpha + \frac{0{,}5\,qD_{mi}^3 w_0 - M_0 D_{mi}^2}{4EI_i + 0{,}5\,qD_{mi}^3}, \qquad (236)$$

în care $C_1$ și $C_2$ sînt constante de integrare, determinate — conform cu [3] — din condițiile (la limită) ce se impun pentru cintrul distorsionat în secțiunile transversale corespunzătoare punctelor $A$ și $F$ (fig. 10), iar $n \geqslant 2$, care reprezintă numărul (natural al) ondulațiilor complete după care se manifestă distorsionarea formei inițiale a cintrului, în direcția inelară, rezultă din expresia :

$$n^2 = 1 + qD_{mi}^3/8EI_i, \qquad (237)$$

de unde se obține :

$$q = 8\,(n^2 - 1)\,EI_i/D_{mi}^3. \qquad (238)$$

Preluînd o parte din solicitările la compresiune transversală (inelară) datorite presurizării exterioare a structurii tubulare a coloanelor cu diametre mari, evident, cintrele trebuie să fie calculate și din punctul de vedere al rezistenței lor elastomecanostatice.

Așa cum se cunoaște, practic, realizarea constructivă de cintre cu formă inițială, nesolicitată, perfect circulară este imposibilă, întotdeauna existînd o anumită abatere de construcție de la circularitate, respectiv o anumită ovalitate inițială (fig. 11).

Dacă ovalitatea inițială maximă (admisibilă, posibilă etc.) a cintrelor nesolicitate este $w_{ma}^0$, atunci ovaitatea inițială curentă $w^0$ a acelorași cintre, corespunzătoare unui punct $M$ oarecare ce aparține fibrei mediane, va avea [12] expresia (fig. 11) ;

$$w^0 = w_{max}^0 \cos 2\beta. \qquad (239)$$

Desigur, ca efect al solicitării, sub acțiunea sarcinilor exterioare unitare $q$, cintrul se va deforma în plus și, deci, ovalitatea sa inițială se va amplifica cu $\Delta w$ (fig 11, punctul $M'$),

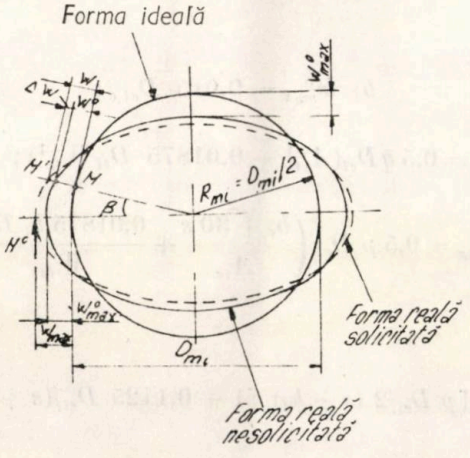



Fig. 11. Ovalizarea cintrelor.

rezultînd așa-zisa ovalitate curentă a cintrelor solicitate $w = w^0 + \Delta w$ Cum creșterea $\Delta w$ a ovalității inițiale curente $w^\circ$ este proporțională cu simplexul solicitării $\bar{q} = q/(q_{sup\ min} - q) = \bar{p} = p/(p_{sup\ min} - p)$, în care $q_{sup\ min}$, în N/mm și $p_{sup\ min}$, în N/mm², au semnificațiile din lucrările [2,3], rezultă :

$$\Delta w = \bar{q}\, w^\circ = \bar{p}\, w^0 = \bar{q}\, w_{max}^0 \cos 2\beta = \bar{p}\, w_{max}^0 \cos 2\,\beta, \qquad (240)$$

pentru $q = q_{sup\ min}$, respectiv $p = p_{sup\ min}$, adică $\bar{q} = \bar{p} \to \infty$, obținîndu-se $\Delta w \to \infty$ și, deci, cintrele pierzîndu-și stabilitatea elastomecanostatică [2].

Prin urmare, ovalitatea curentă (totală) a cintrelor solicitate va fi :

$$w = w^0 + \Delta w = w_{max}^0\,(1 + \bar{q}) \cos 2\beta = \\ = w_{max}^0\,(1 + \bar{p}) \cos 2\beta, \qquad (241)$$

pentru $2\beta = 0, \pi$, respectiv $\beta = 0, \pi/2$, rezultînd :

$$w_{max} = w_{max}^0\,(1 + \bar{q}) = w_{max}^0\,(1 + \bar{p}) = \\ = w_{max}^0 \frac{q_{sup\ min}}{q_{sup\ min} - q} = w_{max}^0 \frac{p_{sup\ min}}{p_{sup\ min} - p} = \qquad (242)$$

$$= w_{max}^0 \frac{c_{sup}}{c_{sup} - 1},$$

în care $c_{sup}$ are semnificația și valorile din lucrările [2 ; 3].

Momentul încovoietor maxim datorit ovalizării $M^\circ$, în N.mm, corespunzător efortului de compresiune $N^\circ = q\,R_{mi} = 0{,}5\ q\,D_{mi}$ sau $N^\circ = pR_{mi}\,b = 0{,}5\ p\,D_{mi}\,b$, în N, în secțiunile cu $\beta = 0, \pi$, va fi (pentru $c_{sup} = 5{,}00$ [2]) :

$$M^\circ = 0{,}5\ q\,D_{mi}\,w_{max} = 0{,}625\ q\,D_{mi}\,w_{max}^0, \text{ [N.mm]}, \qquad (243)$$

respectiv :

$$M^\circ = 0{,}5\ \ p\,D_{mi}\,b_i\,w_{max} = 0{,}625\ \ p\,D_{mi}\,b_i\,w_{max}^0, \\ \text{[N.mm]} \qquad (244)$$

acestuia revenindu-i următorul efort unitar de compresiune inelară :

$$\sigma^{M^\circ} = M^\circ/W_{ie} = 0{,}625\ q\,D_{mi}\,q_{max}^0/W_{ie}, \qquad (245)$$

sau :

$$\sigma^{M^0} = M^{\circ}/W_{ie} = 0{,}625\ p\ D_{mi}\ b_i\ w^{c}_{max}/W_{ie}. \quad (246)$$

Eforturile unitare tot de compresiune inelară, care apar în secțiunea transversală a cintrelor sub acțiunea sarcinilor de calcul $q$, în N/mm, sau $p$, în N/mm², sînt :

$$\sigma^{q} = 0{,}5\ q\ D_{mi}/A_{ie}; \quad (247)$$

$$\sigma^{p} = 0{,}5\ p\ D_{mi}\ (b_i + 30s)/A_{ie}. \quad (248)$$

În secțiunea cea mai solicitată a cintrelor, eforturile unitare rezultante maxime (totale, efective) $\sigma_{c\,max}$, de compresiune inelară, vor fi (pentru $D_{mi} \to D_{ei}$ — fig. 9, indicele $c$ semnificînd cintrul) :

$$\sigma_{c\,max} = \sigma^{q} + \sigma^{M^{\circ}} = 0{,}5\ q\ D_{ei}[A_{ie}^{-1} + 1{,}25\ w^{0}_{max} W_{ie}^{-1}] \quad (249)$$

respectiv :

$$\sigma_{c\,max} = \sigma^{p} + \sigma^{M^{\circ}} = 0{,}5\ p\ D_{ei}\left[\frac{b_i + 30\ s}{A_{ie}} + \frac{1{,}25\ b_i\ w^{0}_{max}}{W_{ie}}\right]. \quad (250)$$

Pentru inelul de lățime unitară ($b_i \to 1$), decupat dintr-o structură tubulară netedă (infinit) lungă [3] ovalizată, adică chiar dintr-un panou tubular cu cintre al coloanei de tubare cu diametru mare, executată ca atare în condiții industriale sau/și de șantier petrolier, corespunde (fig. 12) : $A_i = 1.(s + h_i)$, $W_{ie} = 1.(s + h_i)^2/6$, $b_i + 30\ s \to 1$ și $q = p \cdot 1$, rezultînd direct :

$$\sigma_C = \sigma^{p} + \sigma^{M^{\circ}} = [p\ D_{ei}/2\ (s + h_i)] \cdot [1 + 7{,}5\ w^{0}_{max}/(s + h_i)], \quad (251)$$

unde indicele $C$ semnifică structura tubulară cu cintre ovalizate a coloanei de tubare cu diametru mare.

Avînd în vedere că ovalitatea și, deci ovalizarea inițială maximă, admisă în mod obișnuit în practica construcției de structuri tubulare cu diametre mari, este de : a) 1,0 % din diametru, b) 1,5 % din diametre sau chiar c) 2,0 % din diametru, se obține :

a) $w^{0}_{max} = 0{,}01\ D_{ei,e}$ :

$$\sigma_{c\,max} = 0{,}5\ qD_{ei}\ (A_{ie}^{-1} + 0{,}0125\ D_{ei}\ W_{ie}^{-1}); \quad (252)$$

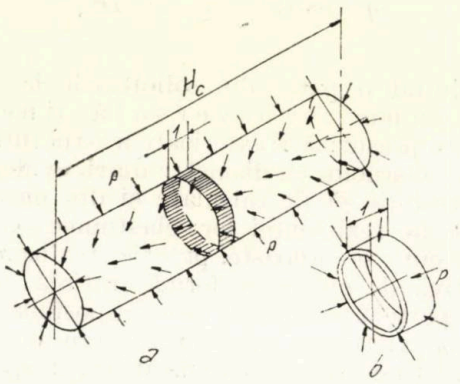



Fig. 12. Schema de calcul pentru structura tubulară netedă, lungă, solicitată la presiune exterioară (unilaterală) uniformă : *a* — structura tubulară propriu-zisă ; *b* — inelul cilindric (de lățime unitară).

$$\sigma_{c\,max} = 0{,}5\ p\ D_{ei}\left(\frac{(b_i + 30s}{A_{ie}} + \frac{0{,}0125\ b_i D_{ei}}{W_{ie}}\right); \quad (253)$$

$$\sigma_C = [p\ D_{ei}/2\,(s + h_i)]\ [1 + 0{,}075\ D_{ei}/(s + \approx_i)]; \quad (254)$$

b) $w^{0}_{max} = 0{,}015\ D_{ei,e}$ :

$$\sigma_{c\,max} = 0{,}5\ q\,D_{ei}(A_{ei}^{-1} + 0{,}01875\ D_{ei}\ W_{ie}^{-1}); \quad (255)$$

$$\sigma_{c\,max} = 0{,}5\ p\ D_{ei}\left(\frac{b_i + 30\ s}{A_{ie}} + \frac{0{,}01875\ b_i\ D_{ei}}{W_{ie}}\right); \quad (256)$$

$$\sigma_C = [p\ D_{ei}/2\ (s + h_i)\ [1 + 0{,}1125\ D_{ei}/(s + h_i)]; \quad (257)$$

c) $w^0_{max} = 0{,}02\ D_{ei,e}$ :

$$\sigma_{c\ max} = 0{,}5\ q\ D_{ei}(A^{-1}_{ie} + 0{,}025\ D_{ei}\ W^{-1}_{ie}); \quad (258)$$

$$\sigma_{c\ max} = 0{,}5\ p\ D_{ei}\left(\frac{b_i + 30s}{A_{ie}} + \frac{0{,}025\ b_i\ D_{ei}}{W_{ie}}\right); \quad (259)$$

$$\sigma_C = [p\ D_{ei}/2(s + h_i)]\ [1 + 0{,}15\ D_{ei}/(s + h_i)], \quad (260)$$

condiţia de rezistenţă pentru dispozitivele de tipul inelelor de rigidizare, respectiv al cintrelor, fiind următoarea :

$$\sigma_{c\ max},\ \sigma_C \leqslant 0{,}5\ \sigma_{0,2}. \quad (261)$$

Introducînd factorul multiplicator 1,1, care are funcţia unui coeficient de corecţie ce ţine seama de neuniformitatea (datorită execuţiei, montării etc.) cîmpului eforturilor unitare de compresiune inelară pe secţiunea transversală compusă (de calcul) a cintrelor, formulele (258) — (260) devin :

$$\sigma_{c\ max} = 0{,}55\ q\ D_{ei}(A^{-1}_{ie} + 0{,}025\ D_{ei}\ W^{-1}_{ie}); \quad (262)$$

$$\sigma_{c\ max} = 0{,}55\ p\ D_{ei}\left(\frac{b_i + 30s}{A_{ie}} + \frac{0{,}025\ b_i\ D_{ei}}{W_{ie}}\right); \quad (263)$$

$$\sigma_C = 0{,}55\ [p\ D_{ei}/(s + h_i)]\ [1 + 0{,}15\ D_{ei}/(s + h_i)], \quad (264)$$

urmînd a fi preferate ca atare, în calculele practice, mai ales dacă condiţia de rezistenţă (261) se reformulează astfel :

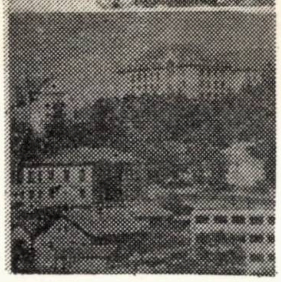
$$\sigma_{c\ max},\ \sigma_C \leqslant \sigma_{0,2}/1{,}6 = 0{,}625\ \sigma_{0,2}. \quad (265)$$

Cu privire la formulele derivate (251), (254), (257), (260) şi (264), se recomandă, ca utilizarea lor practică să fie făcută cu precauţie şi numai ca alternativă de confruntare

# INSTITUTUL DE MINE PETROŞANI

STRADA INSTITUTULUI nr. 20

## pregătește ingineri și subingineri în profilele mine, mecanic și electric prin următoarele facultăți:



### facultatea de mine

| Profil | Tip învățămînt | Durata | Specializarea |
|---|---|---|---|
| mine | ingineri, zi | 5 ani | mine* |
| mine | ingineri, seral | 6 ani | mine |
| mine | ingineri, zi | 5 ani | exploatări la zi |

* Din anul IV se poate opta pentru grupele de aprofundare :
- exploatări miniere
- topografie minieră
- prepararea substanțelor minerale utile

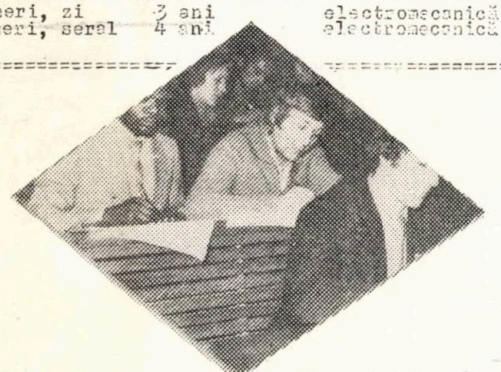
| | | | |
|---|---|---|---|
| mine | subingineri, zi | 3 ani | mine |
| mine | subingineri, zi | 3 ani | topografie minieră |
| mine | subingineri, zi | 3 ani | exploatări miniere la zi |
| mine | subingineri, seral | 4 ani | mine |

### facultatea de mașini și instalații miniere

| Profil | Tip învățămînt | Durata | Specializarea |
|---|---|---|---|
| mecanic | ingineri, zi | 5 ani | mașini și instalații miniere* |
| mecanic | ingineri, seral | 6 ani | mașini și instalații miniere |

* Din anul IV se poate opta pentru grupele de aprofundare :
- exploatarea, întreținerea și repararea mașinilor miniere
- construcții de mașini miniere
- electrificări și automatizări în industria minieră

| | | | |
|---|---|---|---|
| electric | subingineri, zi | 3 ani | electromecanică tehnologică |
| electric | subingineri, seral | 4 ani | electromecanică tehnologică |



In Institutul de Mine Petroșani funcționează un atelier de cercetare-proiectare-microproducție, care execută, pentru industria minieră, lucrări de cercetare științifică și proiectare tehnologică, lucrări de strungărie, lăcătușerie și sudură.

Condițiile privind admiterea în cadrul institutului sînt cele prevăzute în broșura

ADMITEREA IN INVATAMINTUL SUPERIOR

Informații suplimentare la sediul institutului

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

E 1445

# MINE PETROL GAZE

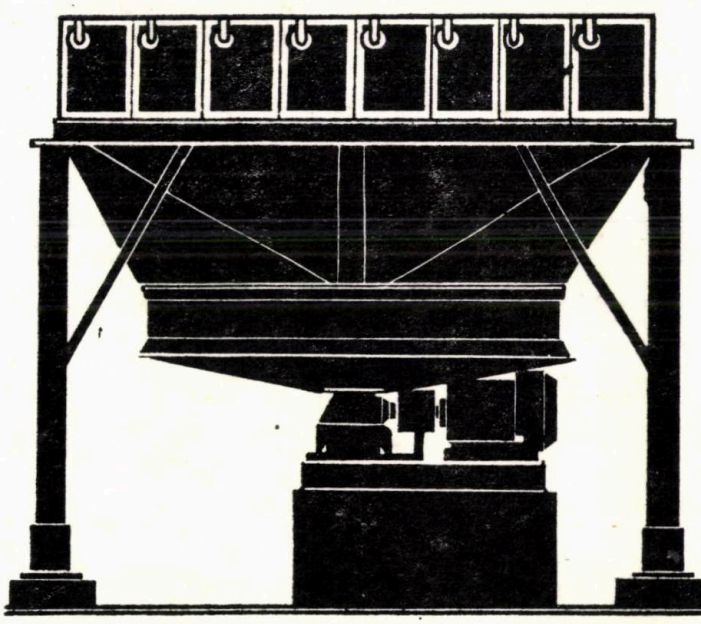
BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, septembrie 1982

9

# RACITOARE CU AER

pentru instalaţii tehnologice în industriile: petrolieră petrochimică, chimică, a gazelor şi altele

— sînt instalate în aer liber;
— schema secţiunilor — verticală (tip AVG) şi în zig-zag (tip AVZ);
— sînt fabricate din ţevi de oţel-carbon, uşor aliat, aliat, rezistent la coroziune, cu un alezaj de 9; 14,6 şi 22.



TECHMASHEXPORT

Moscova 117330, Str. Mosfilmovskaia nr. 35,
telefon: 143-86-60; 143-87-51
Telex: 411068 TEHEX SU;
411228 TECEX SU.

PUBLICOM

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XXXIII

Nr. 9 1982


## CUPRINS


* * * **Vizita de lucru a tovarăşului Nicolae Ceauşescu în bazinul carbonifer Valea Jiului** . . . 405

*Văcaru, I., Opriş, V., Anescu, D., Pitzko, S. şi Sencu, V.* **Realizări şi perspective în exploatarea şisturilor bituminoase** . . . . . 407

*Horoşanu, Gh.* **Tehnologii de traversare a orizonturilor acvifere** . . 412

*Mărunţeanu, C.* **Criteriu structural pentru analiza stabilităţii taluzurilor în cariera Roşia Poieni** . . . .414

*Constantinescu, I., Darabont, Al. Georgescu, St. şi Ionescu, C.* **Realizarea de ciururi vibrante silenţioase şi rezistente la abraziune** . . . . . 419

*Părăuşanu, V., Creţu Steliana, Ponoran Ileana, Sîrbu Petruţa, Călin Camelia, Ionescu, N.* **Studiul comparativ al unor substanţe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra ţiţeiurilor de tip Sarmaţian I** . . . . . .424

*Ulmanu, V. şi Raşeev, D.* **Sarcina axială capabilă a îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj** . . 428

*Balteş, N.* **Studiul optic al substanţei organice din depozitele neogene ale promontoriului Bordei Verde cu privire specială asupra condiţiilor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi (II)** . . 433



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

**Ing. VASILE SCRIPĂŢ,** *preşedinte;* **dr. ing. GHEORGHE ALDEA; ing. ŞTEFAN BENEA; dr. geol. IOSIF BERCIA; ing. TEODOR BORU; dr. ing GHEORGHE DONŢOV DANU; ing. VIRGIL FĂTU; dr. ing. IANCU GEANGĂLĂ; dr. ing. FLOREA NEAGU; ing. NICOLAE PANTILIE; ELENA VRÂNCEANU,** *redactor.*


## REZUMATE

* * * *Vizita de lucru a tovarăşului* **Nicolae Ceauşescu** *în bazinul carbonifer Valea Jiului*


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


C.Z. 622.337.2 : 65.012.23

Văcaru, I. ş. a. *Realizări şi perspective în exploatarea şisturilor bituminoase*

După o prezentare de ansamblu a zăcămintelor de şisturi bituminoase de la Anina şi Doman, autorii analizează metodele de exploatare a acestor zăcăminte prin lucrări la zi şi subterane.


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


C.Z. 622.33 : 622.272 : 622.524

Horoşanu, Gh. *Tehnologii de traversare a orizonturilor acvifere*

Autorul prezintă tehnologia de traversare a orizonturilor acvifere din bazinul Motru prin eliminarea apei cu ajutorul forezelor de drenare-asecare, instalaţii de desecare şi staţii de pompe.


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


C.Z. 622.271.3 : 622.833

Mărunteanu, C. *Criteriu structural pentru analiza stabilităţii taluzurilor în cariera Roşia Poieni*

Un rol important în estimarea stabilităţii masivelor de roci fisurate îl are cunoaşterea sistemelor de discontinuităţi. Criteriul propus de autor foloseşte metoda proiecţiei sferice pentru studierea sistemelor principale de fisuri în scopul identificării fenomenelor de alunecare în funcţie de geometria taluzurilor şi a gradului de fisuraţie al masivului.


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


C.Z. 622.74 : 621.921

Constantinescu, I. ş.a. *Realizarea de ciururi vibrante silenţioase şi rezistente la abraziune*

Autorii fac o sinteză a problemelor privind dinamica ciururilor şi transportoarelor vibrante, prezentînd ecuaţiile diferenţiale ale mişcării şi ale vibraţiilor forţate din sistem. Se prezintă un exemplu concret de calcul pentru o instalaţie vibrantă.


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


C.Z. 553.981 : 622.413.3

Părăuşanu V. ş. a. *Studiul comparativ al unor substanţe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra ţiţeiurilor de tip Sarmaţian I*

Pe baza datelor experimentale se face un studiu comparativ asupra posibilităţilor de dezemulsionare a ţiţeiului de tip sarmaţian prin utilizarea în diferite condiţii de temperatură a unor dezemulsionanţi clasici şi a unora sintetizaţi de autori. Se prezintă domeniile de concentraţie şi de temperatură pentru care dezemulsionanţii prezintă eficienţă maximă de separare.


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


C.Z. 622.243.5 : 622.24.053

Ulmanu, V. şi Raşeev, D. *Sarcina axială capabilă a îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj*

Autorii prezintă metodologia determinării sarcinii axiale disponibile a îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj, înşurubate cu momentul recomandat, în condiţiile forajului rotativ.


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


C.Z. 553. 98 : 551.782

Balteş, N. *Studiul optic al substanţei organice din depozitele neogene ale promontoriului Bordei Verde cu privire specială asupra formării zăcămintelor de hidrocarburi (II)*

Determinarea rocilor-sursă, a potenţialului lor petroligen şi analiza palinologică a apelor de zăcământ au demonstrat poziţia secundară a principalelor zăcăminte paleozoice şi neogene. Unele consideraţii amănunţite sugerează direcţia şi etapele migraţiei.


Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

# CONTENTS


C.Z. 622.337.2 : 65.012.23

Văcaru, I. et al. *Achievements and outlooks in working oil shale deposits*

After a general view on the oil shale deposits from Anina and Doman the authors present the surface and underground working methods.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.33 : 622.272 : 622.524

Horoşanu, Gh. *Driving technologies in water-bearing horizons*

A technology applied in Motru lignite basin intended to cross aquifer formations using water drainage drillings and pumping stations is displayed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.271.3 : 622.833

Mărunţeanu, Cr. *Structural criterion for the analysis of slope stability at Roşia Poieni open-pit*

Based upon the spherical projection method the author examines the main fissuring systems in order to identify the dislocation phenomena as function of slope geometry and fissuring degree of mountain system.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.74 : 621.921

Constantinescu, I., Darabont, Al. and Georgescu, St. *Silent and abrasion proof oscillating screens*

A synthesis of the problems concerning the dynamics of the oscillating screens and coveyors together with the differential equations of the movements and constrained oscillations into the system are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 553.981 : 622.413.3

Păraşanu, V. et al. *A comparative study of some surface active agents with emulsion breaking effect on the Sarmatian I type oil*

Based on experimental data the study shows the possibilities in emulsion breaking the oil at different temperatures with some classical and new synthetized emulsion breakers as well as the concentration and temperature intervals for maximum separation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.243.5 : 622.24.053

Ulmanu, V. and Raşeev, D. *The capable axial loading of the joints for drilling pipe string*

The autohrs present the methodology in determining the axial loading reserve in the case of rotative drilling when the recommended screwing up moment is observed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 553.98 : 551.782

Baltes, N. *Organic matter optical study of the promontory Bordei Verde neogene strata (eastern moesian platform) with a special View on the oild fields formation* (II)

Oil source rocks and their potential determination, as well as, the palynological analysis of oil field waters, pointed the secondary position of the Paleozoic and Neogene oil pools. Detailed considerations suggest the direction and time-steps migration.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982


---

# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.337.2.65.012.23

Вэкару, И. и др. *Достижения и перспективы разработки месторождений битуминозных сланцев*

После общего представления месторождений битуминозных сланцев Анина и Доман, авторы рассмотривают системы их разработки открытым и подземным способом.

Ключевые слова: месторождение, битуминозные сланцы, разработка, открытые и подземные работы

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.33 : 622.272 : 622.524

Хорошану, Г. *Технологии перехода водоносных горизонтов*

Автор описывает технологию перехода водоносных горизонтов в угольном бассейне Мотру, путем осушения дренажными скважинами, установками осушения и насосными станциями.

Ключевые слова: технологии, переход, водоносные горизонты

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.271.3 : 622.833

Мэрунтяну, К. *Структурный критерий анализа устойчивости карьерных откосов Рошия Поэнь*

Важную роль при оценке устойчивости породных трещиноватых массивов играет наличие данных о системах прерывности. Предложенный автором критерий основан на метод пространственной проекции, в целях изучения основных систем трещин для выявления явлений спользания в зависимости от геометрии откосов и степени трещиноватости.

Ключевые слова: карьерные откосы, устойчивость, степень трещиноватости, спользание

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.74 : 621.921

Константинеску, И., Дарабонт, Ал. и Джеорджеску Ст. *Создание грохотов безшумных и износостойких к абразивности*

Авторы обобщают вопросы динамики грохотов и качающихся конвейеров, представив дифференциальные уравнения движения и вынужденных вибраций систем. Представлен конкретный расчетный пример качающейся установки.

Ключевые слова: грохот, безшумный, износостойкий, динамика, расчет

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

C.Z. 553.981 : 622.413.3

Пэрэушану, В. и др. *Сопоставительное изучение поверхностно-активных веществ (ПАВ) при удалении эмульсии из нефти I-го сарматского типа*

На основе экспериментальных данных разработан сопоставительный доклад о возможностях удаления эмульсий из нефти сарматского типа, путем применения при различных температурах некоторых классических и созданных авторами веществ. Представлены области концентраций и температур, при которых данные вещества обладают максимальной эффективностью разделения.

Ключевые слова: нефть, эмульсия, поверхностно-активные вещества, эффективность.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.243.5 : 622.24.053

Улману, В. и Рашеев Д. *Осевая нагрузка в случае соединений с выступами буровых колонн*

Автор описывает методику определения существующей осевой нагрузки в случае соединений с выступами буровых колонн, свинченных при рекомендуемом моменте, в условиях вращательного бурения.

Ключевые слова: вращательное бурение, осевая нагрузка, соединение с выступами, буровые колонны.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 551.781 : 551.49

Балтеш, Н. *Оптическое изучение органического вещества неогенных отложений Бордей Верде с особым рассмотрением образований месторождений углеводородов* (II)

Определение пород источников, их петролигенного потенциала, а также палинологический анализ залежных вод доказали второстепенное состояние основных месторождений палеозоя и неогена. Некоторые подробные соображения говорят о направлении и этапах миграции.

Ключевые слова: породы-источники, петролигенный потенциал, палинологический анализ, пластовые воды, Бордей Верде

Mine, Petrol şi Gaze, vol 33, nr. 9, 1982

---

## SOMMAIRE

C.Z. 622.337.2 : 65.012.23

Văcaru, I. *Résultats et perspectives sur l'exploitation des schistes bitumineux*

Après un revue générale sur les gisements de schistes bitumineux de Anina et de Doman les auteurs présentent les méthodes d'exploitation à ciel ouvert et en souterrain destinées pour ces gisements.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.33 : 622.272 : 622.254

Horoşanu, Gh. *Technologies pour traverser les horizons acquifers*

Est présentée une technologie appliquée dans le basin de lignite de Motru destinée pour traverser les zones acquifères avec trous de drainage et stations de pompage.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.271.3 : 622.833

Mărunţeanu, Cr. *Critère structural pour l'analyse de la stabilité des talus de la carrière Roşia Poieni*

Basé sur la méthode de projection sphérique l'auteur examine les systèmes principaux de fissuration ayant comme but l'identification du phenomène de dislocation en fonction de la géometrie du talus et le degrée de fissuration du massif rocheux.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.74 : 621.921

Constantinescu, I., Darabont, Al. et Georgescu, St. *Cribles vibrants silencieux et résistants à l'abrasion*

On présent une synthèse des problèmes concernant la dynamique des cribles et transporteurs oscillants silencieux ainsi que les équations différentielles des mouvements et des oscillations forcés du système.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 553.981.

Părăuşanu, V. et al. *Une étude comparative des quelques substances tensioactifs avec effet désémulsionant sur le pétrole de type sarmatien I*

Basé sur les données experimentales l'étude présent les possibilités de désémulsioner le pétrole sa matien en utilisant de conditions différents de température de quelques désémulsionants classiques et quelq 'uns synthetisés par les auteurs. Sont présentés les domaines de concentration et de température pour lesquels les désémulsionants présentent un rendement maximum de séparation.

Min, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.243.5 : 622.24.053

Ulmanu, V. et Raşeev, D. *La charge axiale capable des jointes de la garniture de forage*

Les auteurs présentent la méthodologie de déterminer la charge axiale disponible des joints d'une garniture de forage vissé avec le moment recommandé dans les conditions du forage rotatif.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 8, 1982

---

C.Z. 551.781 : 551.49

Balteş, N. *Étude optique de la matière organique des dépôts néogènes du promontoire Bordei Verde (Plate — forme moesique de l'est) concernant la formation de gisements d'hydrocarbures (II)*

L'identification des roches-mère, leurs potentiel pétroligène et l'analyse palinologique des eaux de gisement ont démontrées la position secondaire des principaux gisements paléozoiques et néogènes.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

## INHALT

C.Z. 622.337.2 : 65.012.23

Văcaru, I. et al. *Die Leistungen und die Perspektiven für die Gewinnung der Olschiefer-Lagerstätten*

Nach einer allgemeine Darstellung der Ölschiefer-Lagerstätten von Anina und Doman die Verfassern die Tage- und Untertageabbaumethoden analysieren.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.33 : 622.272 : 622.254

**Horoşanu, Gh.** *Die Technologien für die Auffahrung in der Wasserleiterzonen*

Eine in Motru Braunkohlenbecken angewandte Technologie für Vortrieb der Grubenbauen in Wasserleiterzonen mit Hilfe der Entwässerungsbohrlöcher und Pumpenstationen ist vorgelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.271 :3 : 622.833

**Mărunţeanu, Cr.** *Strukturelle Kriterium für die Analyse der Böschungsstabilität in Roşia Poieni Tagebau*

Mit Hilfe des Kugelprojektionsverfahren der Verfasser examiniert die hauptsächliche Gesteinszerklüftungssysteme für die Identifizierung der Dislokationsphänomene als Funktion der Böschungsgeometrie und des Gesteinszerklüftungsgrades des Gebirgsverbandes.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.74 : 621.921

**Constantinescu, I., Darabont, Al. und Georgescu, St.** *Stille und schleifsteife Schwingsiebe*

Es wird eine Synthese über die Probleme der Dynamik der stille schwankende Siebe und Förderer wie über die Differentialgleichungen der Bewegungen und der Zwangsschwingungen des Systems.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 553.981

**Părăuşanu, V. et al.** *Eine komparative Studium der einigen tensioaktiven Stoffe mit Emulsionsbruchwirkung über das Sarmat I Typus Erdöl*

Aufgrund der experimentale Ergebnisse der Artikel handelt über die Bruchmöglichkeiten der Erdölemulsion nach verschiedene Temperaturen mit einige klassische und neue synthetisierte Emulsionsbruchagenten wie die Konzentrations — und Temperaturintervalle für eine maximale Trennung.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 622.243 : 5 : 622.24.053

**Ulmanu, V. und Raseev, D.** *Die fähige axiale Belastung der Rohrzeugverbindungen*

Die Verfassern stellen eine Methodologie für die Bestimmung der axiale Lastreserve in der Fall des Drehbohrens mit die Beachtung des empfohlen Einschraubungsmoment dar.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

C.Z. 551.781.551.49

**Balteş, N.** *Optische Studium der organischen Stoffes der Neogene Lagerstätten des Bordei Verde Vorgebirges mit spezielle Hinblick über die Bildung der Kohlenwasserstoff-Lagerstätten (II)*

Die Bestimmung der Muttergesteine, ihren Erdölpotential und die palinologische Analyse der Lagerstätte-Wässer haben die sekundäre Stellung der hauptsächliche paläozoische und neogene Lagerstätten demonstriert. Einige ausfürliche Beiträge die Richtung und die Etappen der Migration suggeriert.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 9, 1982

---

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră Bucureşt
Calea Victoriei 220, sector I, cod. 71104, C.P. 22 — 146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informaţia" str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti c. 2460

**Preţul: 13 lei/exemplar**

c. 2460

43 103

# Vizita de lucru a tovarăşului NICOLAE CEAUŞESCU în bazinul carbonifer Valea Jiului

Minerii din cel mai important bazin carbonifer al ţării s-au reîntîlnit, în aceste frumoase zile de septembrie, cu tovarăşul **Nicolae Ceauşescu**, secretarul general al partidului nostru, preşedintele Republicii Socialiste România.

Reîntîlnirea cu secretarul general al partidului a constituit pentru oamenii muncii din această zonă a ţării un nou şi fericit prilej spre a-i exprima direct, vibrant, neţărmurita dragoste, stimă şi recunoştinţă pentru tot ceea ce a făcut şi face ca înfăţişarea localităţilor miniere din Valea Jiului, a judeţului Hunedoara, a întregii ţări, să devină mereu mai frumoasă şi mai prosperă, pentru grija statornică ce o poartă ca viaţa minerilor, a întregului popor, să fie tot mai luminoasă şi mai îmbelşugată.

Prima parte a vizitei, desfăşurată în cursul dimineţii de 2 septembrie, a fost consacrată examinării căilor şi modalităţilor prin care Combinatul minier Valea Jiului poate să aducă o contribuţie sporită la creşterea producţiei de cărbune, la dezvoltarea bazei de materii prime a ţării, la asigurarea independenţei energetice a României, potrivit prevederilor actualului cincinal, orientărilor şi hotărîrilor Congresului al XII-lea al partidului.

O primă analiză a avut loc, la Lupeni, în faţa unor grafice, care înfăţişau dezvoltarea actuală şi în perspectivă a Combinatului minier din Valea Jiului. Directorul general al combinatului, ing. *Dan Surulescu*, a informat că, prin transpunerea în viaţă a indicaţiilor tovarăşului **Nicolae Ceauşescu**, întreprinderile miniere din Valea Jiului au cunoscut o continuă extindere şi modernizare. El a relevat realizările şi preocupările celor care lucrează în acest bazin carbonifer al ţării, evidenţiind hotărîrea lor de a da patriei cît mult cărbune. S-a arătat că, însufleţiţi de mobilizatorul îndemn al secretarului general al partidului, minerii şi specialiştii de aici vor face totul pentru sporirea producţiei de cărbune a combinatului, o atenţie deosebită acordîndu-se cărbunelui cocsificabil. În acest scop, vor fi date în exploatare noi cîmpuri miniere, va fi extinsă mecanizarea în subteran, vor fi luate măsuri care să asigure mai buna organizare a producţiei şi a muncii, folosirea mai judicioasă a tehnicii de care dispun acum minele din Valea Jiului, a forţei de muncă, pregătirea şi formarea noilor cadre de mineri.

În continuare a fost vizitată o expoziţie care ilustra rezultatele obţinute de Intreprinderea de reparaţii şi întreţinere a utilajului minier.

Problemele privind dezvoltarea producţiei Combinatului minier Valea Jiului au fost reluate apoi şi examinate pe larg în cadrul întîlnirii de lucru pe care tovarăşul **Nicolae Ceauşescu** a avut-o la Lupeni cu reprezentanţii organelor locale de partid şi de stat, cu cadre de conducere din economie, cu mineri şi specialişti.

Stăruitoarea preocupare a secretarului general al partidului pentru realizarea programului energetic, pentru mecanizarea complexă a lucrărilor miniere, în vederea sporirii productivităţii muncii în abataje şi reducerii efortului fizic al minerilor, s-a reflectat elocvent şi în vizita de lucru efectuată la Întreprinderea de utilaj minier din Petroşani, care, prin producţia de utilaje miniere, este direct implicată în efortul colectivelor miniere pentru realizarea programului energetic.

Prin intermediul unor panouri care ilustrau dinamic principalii indicatori de plan, precum şi stadiul realizării utilajelor miniere, directorul unităţii, ing. *Iosif Kelemen*, a informat despre etapa a doua de dezvoltare a unităţii, care, după încheiere, va asigura triplarea capacităţii de producţie şi îndeplinirea în acest fel a sarcinii pe care tovarăşul **Nicolae Ceauşescu** a trasat-o cu prilejul precedentelor vizite de

lucru efectuate în această importantă unitate a construcţiilor de maşini pentru industria minieră.

Urmărind utilajele puse în funcţiune, ca pe un autentic stand de probă, ca şi explicaţiile date privind străduinţile pentru asimilarea unor utilaje de înalt randament, corespunzătoare condiţiilor specifice din bazinul Valea Jiului, tovarăşul **Nicolae Ceauşescu** a cerut proiectanţilor, constructorilor de utilaje miniere, forurilor de resort, să aducă perfecţionări utilajelor miniere, care să permită creşterea randamentului acestora şi scurtarea timpului necesar pentru transportul şi montajul lor în subteran.

În timpul vizitei, prin standuri de exponate aflate în secţii, tovarăşului **Nicolae Ceauşescu** i-au fost prezentate diferite scule şi dispozitive realizate în cadrul acţiunii de autodotare, recuperare şi recondiţionare, precum şi piese de schimb confecţionate în întreprindere pentru renunţarea la procurarea lor din import.

Ambianţa sărbătorească în care s-a desfăşurat vizita de lucru a tovarăşului **Nicolae Ceauşescu**, primirea deosebit de călduroasă ce i-a fost făcută, uralele care l-au însoţit pe tot timpul vizitei, florile oferite au ilustrat sentimentele de cea mai aleasă stimă şi recunoştinţă faţă de conducătorul partidului şi statului nostru, pentru neprecupeţita sa preocupare de a asigura progresul neîntrerupt al patriei noastre socialiste.

*

La marea adunare populară din municipiul Petroşani, care a avut loc cu prilejul acestei vizite, tovarăşul **Nicolae Ceauşescu** a spus:

„După cum este bine cunoscut, Congresul al XII-lea al partidului — — trasînd obiectivele dezvoltării pe noi trepte a societăţii noastre socialiste, realizării unei noi calităţi a muncii şi vieţii în toate domeniile de activitate — a pus ca un obiectiv fundamental asigurarea, pînă în 1990, a independenţei depline a ţării din punct de vedere energetic. În acest cadru producţia minieră, de cărbune are un rol deosebit de important, deoarece în 1990 cea mai mare parte din energia electrică şi termică trebuie să o realizăm pe cărbune. De aceea, Comitetul Central a elaborat, în primăvara acestui an, un program special pentru dezvoltarea producţiei de cărbune, pentru problemele energeticii. În acest cadru, minerii din Valea Jiului şi din întreaga ţară au un rol deosebit de important — şi eu am convingerea că se vor achita cu cinste de această îndatorire de onoare faţă de patrie, faţă de socialism!

Putem deci afirma că, din punct de vedere material, al bazei tehnice, avem condiţii şi vom dispune, atît în Valea Jiului, cît şi în toate minele din ţara noastră, de tot ce este necesar pentru realizarea programului de dezvoltare a minerităului, de asigurare a independenţei energetice a ţării".

# Realizări şi perspective în exploatarea şisturilor bituminoase*)

Ing. I. Văcaru, ing. V. Opriş, geol. D. Anescu,
ing. S. Pitzko, cercet. V. Sencu

## Generalităţi

Dezvoltarea industrială determină creşterea continuă a consumului de energie şi combustibilii, iar resursele naturale de combustibilii, convenţionali sînt limitate şi în scădere continuă, fapt ce obligă omenirea să se orienteze spre folosirea altor resurse de energie, chiar dacă din punct de vedere calitativ sînt inferioare şi mai costisitoare. Rezervele de combustibili clasici cunoscute în prezent asigură consumul energetic pe perioade relativ scurte de timp : 20—50 ani în cazul petrolului, 50—60 ani în cazul gazelor naturale şi 300—400 ani în cazul cărbunelui. Condiţiile de exploatare a acestora devin din ce în ce mai dificile şi deci preţurile de cost, la rîndul lor, devin din ce în ce mai ridicate.

Necesitatea de a se asigura pe o perioadă îndelungată resursele energetice, care să permită continuarea dezvoltării economiei mondiale, a apărut în mod stringent din momentul în care s-a declanşat prima criză a petrolului. În multe ţări ale lumii şi pînă la această criză existau programe de cercetare ştiinţifică şi tehnologică destinate descoperirii şi utilizării unor noi resurse pentru producerea energiei. Una dintre resursele energetice care au intrat din ce în ce mai mult în sfera preocupărilor pentru utilizarea industrială sînt şisturile bituminoase.

Zăcămintele de şisturi bituminoase sînt răspîndite pe întreaga suprafaţă a globului, fiind roci sedimentare cu granulaţie mai mult sau mai puţin fină ce conţin materii organice sub formă de hidrocarburi cu greutate moleculară mare, uneori asociate cu particule fine de cărbune. Rezervele cunoscute sînt mari — de peste 25 000 mlrd tone — din care Statele Unite ale Americii deţin 91 % şi numai 9 % se găsesc în Europa, Asia, America de Sud, Canada, Africa şi Oceania, luate la un loc (fig. 1).

Sub raport cantitativ, România deţine locul 8 în lume şi 4 în Europa. Zăcămintele de şisturi bituminoase sînt cantonate în Banat, la Anina şi Doman, două perimetre miniere importante care însumează un volum de peste 4 mlrd tone rezerve geologice. Rezerve mai puţin importante sub aspect cantitativ şi mai puţin cunoscute geologic se găsesc în flişul din Carpaţii Orientali şi în nordul Transilvaniei (fig. 2).

Zăcămîntul de şisturi bituminoase de la Anina a fost cunoscut prin lucrările de exploatare a huilei încă de la sfîrşitul sec. al XVIII-lea, iar în perioada 1854—1883 a fost parţial exploatat pentru extragerea gudroanelor prin distilare uscată.

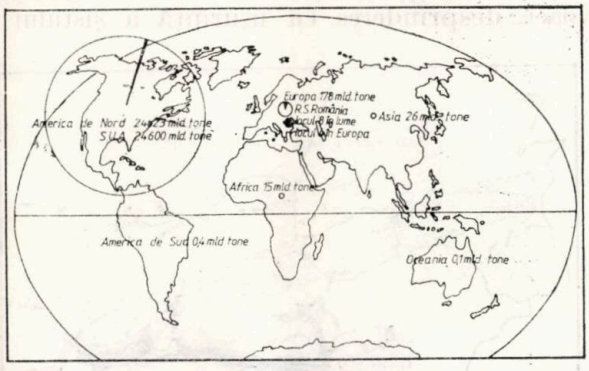



Fig. 1. Repartizarea rezervelor de şisturi bituminoase pe glob

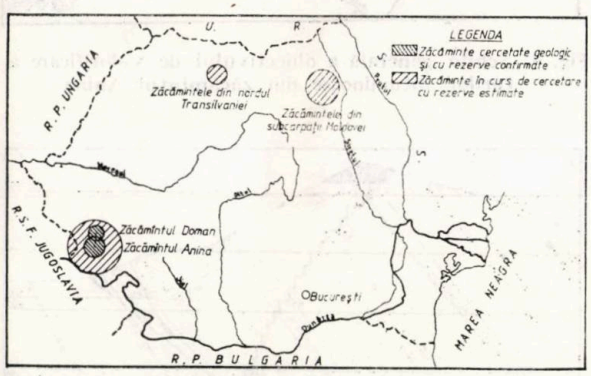



Fig. 2. Repartizarea rezervelor de şisturi bituminoase în R.S. România

De asemenea, o perioadă mai mare de timp s-au exploatat intercalaţiile de siderită valorificate ca minereu de fier în furnalele construite la Anina.

Cercetarea geologică sistematică a şisturilor bituminoase a fost începută în anul 1965, pînă în anul 1973 punîndu-se în evidenţă cea mai mare parte a rezervelor. Grosimea formaţiunii de şisturi bituminoase variază între 20 şi 200 m, avînd în culcuş gresiile silicioase cu strate de cărbune şi argilă refractară şi în acoperiş marnele doggerului urmate de seria calcaroasă care cuprinde vîrstele callovian — cretacic inferior.

Tectonica zăcămîntului este caracterizată prin dispunerea formaţiunilor într-un anticlinal orientat N—NE—S—SV cu lungimea de circa 10

* Comunicare prezentată la Reuniunea experţilor din ţările balcanice pentru cooperare multilaterală în domeniul energiei şi a materiilor prime, Bucureşti, 7—12 iunie 1982

km între zonele de scufundare periclinală a liasicului superior. Cele două flancuri ale anticlinalului sînt asimetrice : flancul vestic este normal dezvoltat, cu înclinări ale stratificaţiei de 45—70°, iar flancul estic este răsturnat, avînd înclinarea de 25—90°. Flancurile anticlinalului sînt cunoscute prin lucrări miniere şi foraje pînă la adîncimea de circa 1 200 m (fig. 3—4). Şisturile se prezintă sub formă de foi cu grosimi de la cîţiva centimetri pînă la sub 1 m, separate prin oglinzi de fricţiune neregulate, lucioase, culoarea rocii fiind, în general, brun-negricioasă. Această structură provoacă desprinderea cu uşurinţă a şistului în

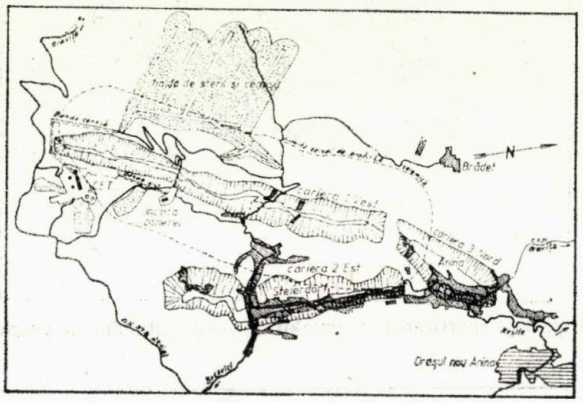



Fig. 3. Schiţa generală a obiectivului de valorificare a şisturilor bituminoase din zăcămîntul Anina

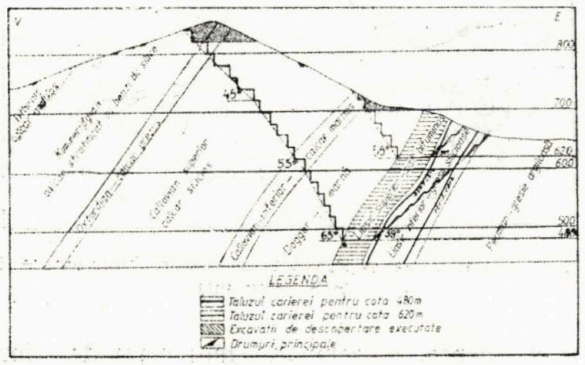



Fig. 4. Secţiune transversală prin cariera 1 Vest

bucăţi solzoase, mergînd pînă la curgerea lui în lucrările miniere.

În masa şisturilor se găsesc intercalaţii lenticulare de siderită (carbonat de fier), porfire şi gresii cu dimensiuni variabile, de la cîţiva centimetri pînă la cîţiva metri.

Cercetările tehnologice executate în cadrul programului naţional pentru valorificarea complexă a şisturilor bituminoase au dus la stabilirea următoarelor direcţii principale de utilizare a constituenţilor organici şi minerali ai şistului (fig. 5).

● Ca sursă directă de energie termică, prin arderea în termocentrale, puterea calorifică medie fiind de circa 1 000 kcal/kg cu un conţinut de cenuşă de 75—80% şi umiditatea totală de 2—14%.

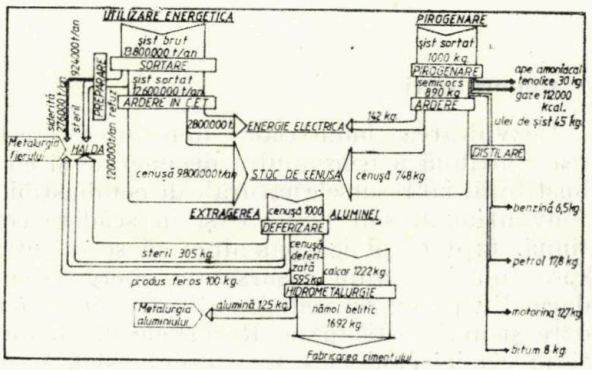



Fig. 5. Căile de valorificare complexă a şisturilor bituminoase

● Ca sursă de hidrocarburi prin pirogenare la temperatura de 650°C, obţinîndu-se 30—50 kg de ulei de şist la tona de material prelucrat. Reziduul cărbunos, cu puterea calorică de 500—600 kcal/kg, poate fi ars ulterior în focare speciale pentru recuperarea în întregime a energiei din şist.

● Pentru extragerea aluminei din cenuşile şisturilor, aceasta reprezentînd 25—30% din masa minerală.

● Pentru valorificarea intercalaţiilor de siderită drept minereu de fier, cantitatea de siderită individualizată sub formă de sferoizi şi lentile fiind de 5% din masa totală a şisturilor.

● Pentru fabricarea materialelor de construcţie : ciment, asfalt, plăci ceramice din cenuşă sau reziduurile de la extracţia aluminei.

Din toate aceste căi de valorificare s-a trecut la aplicarea industrială numai cea a utilizării şisturilor drept sursă de energie termică.

Încercările de ardere în diverse termocentrale au demonstrat că şisturile bituminoase sînt combustibili utilizabili pentru producerea de energie electrică, dar care, datorită componenţilor mineralogici abrazivi (cuarţ 11—13%, siderită 7—9%) şi în special a intercalaţiilor dure formate din siderită concrescută, gresii silicioase şi porfire, au provocat uzuri accentuate în instalaţiile de măcinare, de 33—58 g metal pe tona măcinată.

Pentru reducerea uzurilor morilor s-au cercetat diferite căi de eliminare a intercalaţiilor dure, dintre care este posibilă de aplicat, industrial, sortarea mecanică a şisturilor pe baza proprietăţilor fizico-mecanice ale masei miniere ; şistul bituminos fiind mult mai friabil decît intercalaţiile se sfărîmă uşor în fragmente mai mici ce pot fi separate mecanic.

Pornind de la acest principiu s-a proiectat, executat şi experimentat instalaţia de sfărîmare selectivă şi sortare care a permis ca la clasa granulometrică 0—100 mm să se îndepărteze majoritatea intercalaţiilor dure ce se ridică la 3—5% din masa minieră, conducînd la reducerea uzurilor în instalaţiile de măcinare sub 20 g metal pe tona măcinată (fig. 6).

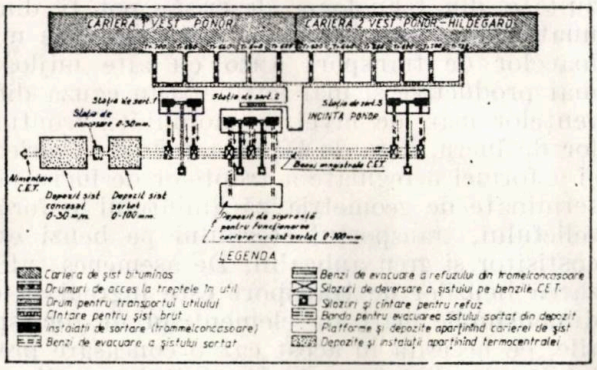



Fig. 6. Schema fluxului de alimentare cu şist a termocentralei

## Criterii de delimitare a aplicării tehnologiilor de exploatare a şistului bituminos prin metode la zi sau în subteran

Şistul bituminos fiind un combustibil cu putere calorică redusă, eficienţa valorificării lui este limitată de preţul de cost al extracţiei care nu poate depăşi 62 lei/tonă, avîndu-se în vedere preţul aprobat al lignitului din cariere, de 60,26 lei/Gcal (la nivelul anului 1976). În aceste condiţii, adîncimea limită de exploatare prin cariere a şistului bituminos este de 200 m de la afloriment, fiind determinată pe baza diagramei ce reflectă creşterea preţului de cost odată cu creşterea adîncimii de exploatare, în condiţiile specifice zăcămîntului de la Anina. Elementul determinant al preţului de cost al şistului este coeficientul mediu de descopertă care, avînd în vedere înclinarea mare a zăcămîntului şi forma specifică a reliefului, creşte odată cu adîncimea de exploatare şi reducerea unghiurilor de înclinare a taluzurilor carierei. Coeficientul de descopertă maxim acceptabil pentru preţul de cost al şistului bituminos este de 1,63 $m^3$ steril/tona şist (fig. 7), menţinerea sa constantă în cursul exploatării carierei fiind posibilă prin eşalonarea lucrărilor, atît pe verticală, pe diverse trepte, cît şi pe orizontală, în lungul celor 6 km ai carierei 1 Vest în curs de deschidere.

Exploatarea rezervelor de şist situate sub adîncimea maximă de exploatare în cariere este posibilă prin metode de extracţie în subteran. Exploatarea subterană trebuie să se execute cu metode de mare randament, care să asigure, pe lîngă producţii mari şi preţ de cost comparabil cu cel din carieră, şi siguranţa personalului şi utilajelor, extragerea rezervelor cu pierderi minime şi protecţia zăcămîntului, împotriva focurilor endogene sau erupţiilor de apă din rocile înconjurătoare. Aceste metode de exploatare subterană sînt finalizate în stadiu de laborator, urmînd ca experimentarea lor, în condiţii industriale, să ofere elementele necesare stabilirii preţului de cost

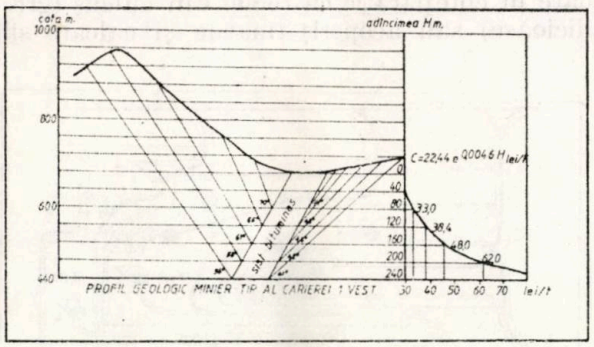



Fig. 7. Variaţia preţului de cost în funcţie de adîncimea carierei

al şistului. În cazul în care preţul de cost al şistului exploatat în subteran va fi mai mic decît 62 lei/tonă, se va putea reduce adîncimea limită de exploatare prin cariere pînă la nivelul care să asigure un preţ de cost comparabil cu cel rezultat din subteran. În acest sens, adîncimea limită de exploatare prin cariere poate fi determinată şi pe baza unei formule matematice deduse experimental, în condiţiile specifice zăcămîntului Anina.

### Metode de exploatare

1. *Metode de exploatare la zi*

Metodele de exploatare prin carieră a şistului bituminos au fost alese în funcţie de condiţiile specifice de zăcămînt, ţinîndu-se seama de forma geometrică a stratului, relieful zonei şi proprietăţile fizico-mecanice ale rocilor înconjurătoare.

Stratul de şist bituminos are grosimea pînă la 200 m, în medie de 60 m, aflorînd pe o lungime de circa 6 km în flancul vestic al anticlinalului, dar are înclinări mari, de circa 60°, adîncindu-se brusc sub relieful înconjurător. Aceasta face ca geometria carierei să se prezinte alungită, pe circa 6 km, cu lăţime redusă de 400—500 m, cu taluzuri înalte şi cu înclinări mari de 35—65°, fronturile de lucru în util fiind reduse ca dimensiuni. Pentru asigurarea producţiei de şist şi a descopertei, este necesară funcţionarea concomitentă a mai multor fronturi de lucru, decalate pe verticală, pe diferite trepte şi pe orizontală. În general, se preconizează execuţia unei tranşee de atac în acoperişul zăcămîntului, cu lăţimea de 30—35 m şi adîncimea de 20 m, după care şistul

bituminos se exploatează prin fronturi decalate pe direcție. Ulterior tranșeea se lărgește spre acoperiș pînă la taluzul definitiv al carierei, iar rocile din culcuș se excavează, de asemenea, pînă la taluzul definitiv. Concomitent, se execută o nouă tranșee de atac, la o treaptă inferioară cu înălțimea de 20 m (fig. 8).

Deoarece șistul bituminos prezintă cea mai redusă rezistență față de eroziunea apelor curgătoare în comparație cu rocile din culcuș (gresii silicioase) sau acoperiș (marne și calcare silicioase), aflorimentele șistului apar, în general, de-a lungul văilor, calcarele formînd culmi înalte cu versanți abrupți. Din această cauză, pentru a se crea posibilitatea exploatării primelor trepte de util, este necesară excavarea în prealabil a unui volum important de steril, în vederea aducerii treptelor neproductive pînă la taluzul definitiv al carierei. Concomitent, locurile de haldare sînt situate la cote înalte, fiind necesar transportul ascendent, pe o înălțime din ce în ce mai mare, odată cu adîncirea carierei, a întregului volum de roci sterile din descopertă. Diferența de nivel maximă între talpa carierei I Vest și halda de steril va atinge 375 m.

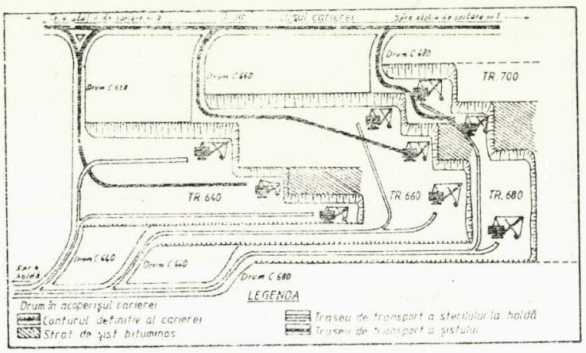



Fig. 8. Schema de organizare a exploatării șistului bituminos pe mai multe trepte

Duritatea mare a rocilor sterile și parțial a șistului bituminos, datorită intercalațiilor de siderite și porfire, impune derocarea întregului volum de steril și a circa 30 % din util prin perforare și împușcare. Pentru asigurarea producțiilor mari planificate (12,6 mil. tone/an șist bituminos și 21 mil. m³ steril/an), utilajele de forare, încărcare și transport trebuie să prezinte productivități mari. Pentru forare se folosesc sondeze SBS—200 și SBS—250, cu diametrul găurilor forate de pînă la 250 mm, iar pentru încărcarea sterilului — excavatoare de pînă la 8 m³/cupă. Sterilul este derocat prin explozii masive, cu cantități de pînă la 120 t exploziv, divizat pe trepte de microîntîrziere de max. 3,5 t, pentru limitarea efectelor seismice produse de împușcări, ce nu pot depăși gradul 4 MKS pe amplasamentul termocentralei. Supragabaritii rezultați din împușcările masive se sparg prin împușcări secundare. Sterilul se încarcă în autobasculante de pînă la 50 t și se transportă, ascendent, pînă la haldă. Înălțimea treptelor de lucru este de 20 m, iar înclinarea acestora, determinată de caracteristicile utilajelor de forare și de duritatea mare a rocii (rezistență la compresiune de 1 000 kgf/cm²), este de 90°.

Cheltuielile mari cu derocarea sterilului, rezultate din tehnologia descrisă, pot fi diminuate numai prin limitarea sau înlocuirea mijloacelor de transport auto cu alte mijloace mai productive și mai ieftine. Din cauza diferențelor mari de nivel, a mobilității fronturilor de lucru, date de lățimea redusă a carierei și a formei neregulate a treptelor de lucru, determinate de geometria zăcămîntului și forma reliefului, transportul sterilului pe benzi este costisitor și greu aplicabil. De asemenea, utilizarea benzilor de transport este îngreuiată de dimensiunile mari ale elementelor de roci sterile, ce necesită în acest caz o concasare prealabilă, de duritatea și abrazivitatea rocilor și de pericolul de deteriorare a magistralelor de benzi prin împușcările masive. În prezent, este în curs de studiu și se va experimenta în condiții industriale, metoda de transport cu vagonete acționate cu motoare electrice liniare. Datele de laborator obținute și estimările economice făcute pînă în prezent duc la concluzia că, deși investiția inițială este mare, costul de exploatare a instalației este redus datorită robusteței acesteia, a capacității mari de transport, a posibilităților de adaptare la forma carierei și a gradului înalt de automatizare. De asemenea, prin aplicarea acestei metode se elimină consumul de carburanți lichizi, lubrifianți și cauciucuri, reducîndu-se și personalul de deservire față de transportul auto.

2. *Metode de exploatare în subteran*

Tehnologiile de exploatare în subteran, studiate pînă în prezent în fază de laborator și pe modele echivalente, urmăresc obținerea unor parametri economici comparabil cu cei în carieră, bazîndu-se pe proprietățile fizico-mecanice ale șistului bituminos, folosiți în acest scop și în perioada 1854—1884, cînd șisturile bituminoase au fost exploatate în subteran pentru extragerea uleiurilor prin pirogenare și a sideritei pentru siderurgie.

Pentru a se asigura productivitățile mari cerute, s-a impus exploatarea zăcămîntului pe subetaje cu înălțime mare (de 50 m), în funcție de grosimea medie a șistului.

De asemenea, s-a exclus de la început prezența omului și a utilajelor în abataje, exploatarea bazîndu-se pe provocarea surpării și scurgerii întregii mase de șist în galerii de bază, de unde să fie încărcat și evacuat cu mijloace mecanice de mare productivitate.

În funcţie de rezistenţa mecanică a şistului în diferite zone, s-au ales mai multe metode de exploatare, adaptabile în funcţie de condiţiile concrete găsite cu prilejul deschiderii zăcămîntului. Toate metodele se bazează pe deschiderea şistului prin galerii direcţionale săpate în culcuş, din care se execută galerii transversale în şist la distanţe de 12 m între ele, pentru asigurarea evacuării întregii rezerve (fig. 9).

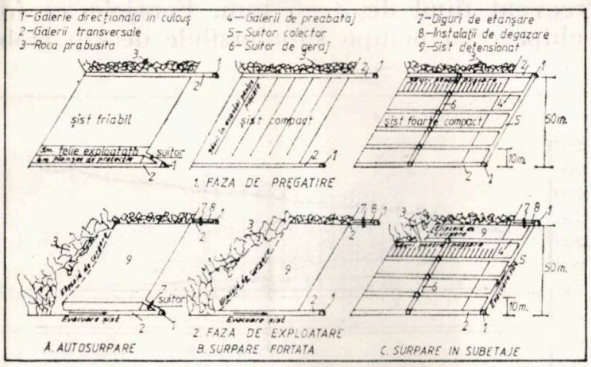



Fig. 9. Metode de exploatare a şisturilor bituminoase în subteran

În cazul unui şist foarte curgător, nu se mai execută alte lucrări, surparea şistului provocîndu-se numai prin răpirea, în retragere, a susţinerii galeriilor transversale.

Dacă şistul este mai compact, se execută, la 4 m deasupra galeriilor transversale, exploatarea mecanizată a unei felii de şist cu înălţimea de 5 m, prin surparea căreia se creează un spaţiu de detensionare şi se produce surparea şistului din restul etajului. Evacuarea şistului surpat se face prin prăbuşirea, din galeriile transversale, a planşeului de şist de 4 m din tavan.

În cazul unui şist mai compact, cu intercalaţii sterile, surparea masei de şist se provoacă printr-o împuşcare de zguduire executată în găuri de sondă săpate în evantaie, din galeriile transversale ale etajului superior. În rest, metoda de detensionare şi extracţie este similară cu cea descrisă.

Şisturile foarte compacte, cu multe intercalaţii sterile, se vor exploata în subetaje cu înălţimea de 10 m, executate din suitori de legătură între galeriile direcţionale de la cele două orizonturi consecutive. Surparea şistului se va provoca prin împuşcări în găuri de mină executate în tavanul lucrărilor de subetaj.

## Concluzii

Cercetările geologice executate în perimetrele de la Anina şi Doman au pus în evidenţă două zăcăminte importante de şisturi bituminoase, cu rezerve însumînd circa 4 mlrd tone. Studiile tehnologice au arătat că din această cantitate este exploatabilă, în condiţii eficiente, prin cariere de mare capacitate, o rezervă de circa 900 mil tone, adică circa 20 %, restul fiind situat la adîncimi mai mari, între 200 şi 1 000 m de la suprafaţă. Căile de valorificare studiate au arătat că şisturile sînt utilizabile în mai multe direcţii, pînă în prezent fiind în curs de aplicare utilizarea lor drept sursă de energie termică în centrale electrice. În acest sens, ele reprezintă un combustibil inferior, parametrii de măcinare şi ardere putînd fi influenţaţi pozitiv prin îmbunătăţirea calităţii. Eliminarea intercalaţiilor dure prin procedeul de sfărîmare selectivă-sortare, utilizînd cilindri concasori, duce la scăderea importantă a uzurilor în mori şi la creşterea debitului acestora, concomitent cu reducerea energiei necesare măcinării. Preţul de cost al exploatării în carieră este determinat de cheltuielile prilejuite de operaţia de descopertare. Reducerea acestor cheltuieli este posibilă prin înlocuirea transportului auto cu alte mijloace mai ieftine şi mai productive, dintre care cel mai potrivt condiţiilor de la Anina este transportul cu vagonete acţionate cu motoare liniare. Atragerea în circuitul economic şi valorificarea restului rezervei cunoscute, de circa 80 % din total, este posibilă prin aplicarea metodelor de exploatare în subteran. În acest sens se preconizează aplicarea unor metode de mare productivitate, adaptabile condiţiilor de zăcămînt, care să asigure obţinerea unui preţ de cost a şistului extras comparabil cu cel din cariere.

### Bibliografie


[1] Sencu, V. *Carstul din cîmpul minier Anina.* Stud. cercet. geol. geofiz. geogr., Seria geografie, XXIV, nr 2, 1977

[2] Văcaru, I., Anescu, D. *Şisturile bituminoase — o nouă sursă energetică în R.S. România.* Mine, Petrol şi gaze, nr. 9, 1979

[3] Văcaru, I., Opriş, V. *Şisturile bituminoase de la Anina. Consideraţii privind alegerea metodelor optime de exploatare în carieră şi subteran.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 1—2, 1981

[4] Văcaru, I., Vlad, L., Anescu, D., Bacu, M., Văcaru, E. *Cercetări de preparare mecanică a şisturilor bituminoase de la Anina.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 9, 1981

# Tehnologii de traversare a orizonturilor acvifere

Ing. G. Horoşanu
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

## I. Date generale

Necesităţile mereu crescînde de energie electrică impun lărgirea bazei materiale energetice, respectiv cercetarea, deschiderea şi punerea în exploatare de noi perimetre în condiţii geologo-miniere foarte grele.

O problemă deosebită o ridică zăcămintele de lignit situate sub nivelele de eroziune locale unde, pentru intersectarea stratelor de cărbune, lucrările miniere trebuie să traverseze orizonturi nisipoase de regulă purtătoare de apă.

Traversarea acestor orizonturi acvifere, în principiu prin intermediul planelor înclinate, impune luarea unor măsuri prealabile care să asigure realizarea lor.

Lucrările miniere se pot realiza cînd se îndeplinesc cel puţin una din următoarele condiţii :

— utilaje speciale care să permită excavarea şi susţinerea lucrărilor miniere, independente de condiţiile rocilor înconjurătoare ;

— schimbarea parametrilor fizico-mecanici ai rocilor, prin injectări de soluţii sau congelare ;

— eliminarea apei din orizonturile acvifere care să permită săparea şi armarea lucrărilor miniere.

Pînă în prezent a fost realizată traversarea orizonturilor acvifere cu două plane înclinate în perimetrele Husnicioara, Negomir şi Prunişor-Vest, fiind în curs de execuţie la Prunişor-Est.

Traversarea orizonturilor acvifere s-a realizat prin intermediul unor lucrări prealabile şi concomitente de asecare-drenare care au dus la eliminarea apei.

## II. Modul de rezolvare

Pentru eliminarea apei din orizonturile acvifere s-a proiectat executarea următoarelor lucrări :

— foraje de drenare-asecare cu diametru mare, echipate cu pompe submersibile de o parte şi de alta a fiecărui plan înclinat (fig. 1) ;

— amplasarea în fronturile de lucru a instalaţiei de desecare echipată cu filtre aciculare ;

— executarea de jompuri prevăzute cu staţii de pompe în spatele frontului de lucru pentru evacuarea apelor.

Forajele de drenare-asecare s-au executat de o parte şi de alta a planelor inclinate în zona de traversare a orizonturilor acvifere, la distanţa de 15 m unul de altul şi la 10—15 m faţă de axa planului înclinat. Forajele au fost săpate cu diametrul de 920—1 016 mm, tubate cu o coloană conică de $16^3/_4$ ţoli şi coloană filtrantă în dreptul orizonturilor acvifere. Spaţiul liber, între diametrul săpat şi diametrul tubat, a fost umplut cu pietriş mărgărita corelat cu granulometria acviferului, cel mai frecvent fiind de 3—5 mm. Forajele au fost echipate cu pompe submersibile de tip Hebe

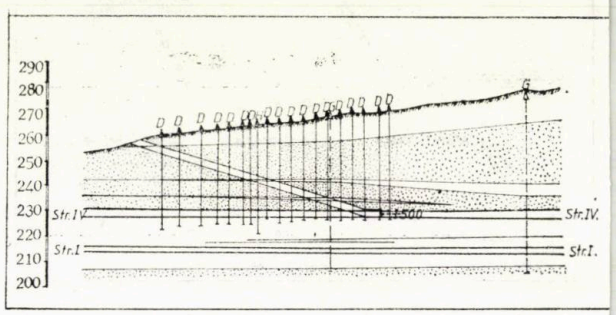



Fig. 1. Secţiune geologică prin planul înclinat I—500 în perimetrul Prunişor-Vest :
*D* – foraj de drenare-asecare ; *H* – foraj hidrogeologic ; *G* – foraj geologi

Instalaţia de desecare a funcţionat, de regulă de la intersectarea orizonturilor acvifere pînă la traversarea lor, funcţionînd permanent cu 6—12 filtre aciculare.

Staţiile de pompe au fost echipate cu pompe tip EPET sau KSM, funcţionarea lor fiind intermitentă, funcţie de debitele ce trebuiau evacuate.

La planele înclinate din perimetrul Husnicioara s-au proiectat numai staţiile de pompe orizonturile acvifere avînd un conţinut redus de apă.

O excepţie în amplasarea forajelor de drenare o constituie o zonă din perimetrul Prunişor-Est, unde traseul liniei de 400 kV a impus executarea lor paralel cu pilierul de siguranţă (fig. 2).

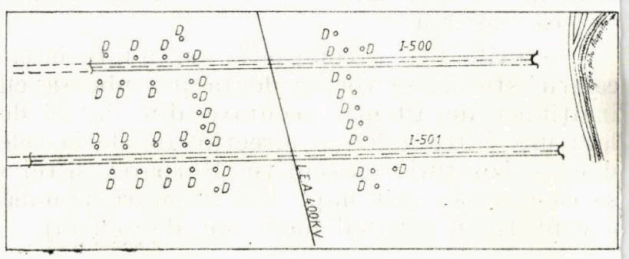



Fig. 2. Amplasamentul forajelor de drenare în perimetrul Prunişor-Est

## III. Rezultate obţinute

Pentru completarea imaginii asupra posibilităţilor de realizare a lucrărilor miniere cu

jutorul lucrărilor de asecare-drenare amin-te în perimetrele menţionate, vom include lucrările de pregătire din panoul experimen-al al minei-pilot Prunişor-Vest. În tabelul 1 edăm timpul de execuţie a lucrărilor miniere avansările realizate pe un perimetru în timp, alculate pe zile calendaristice pentru a fi com-arabile cu funcţionarea asecării.

*Tabelul 1*

| Perimetrul | Timp, luni | Realizat mediu la 2 frontur | |
|---|---|---|---|
| | | m/lună | m/zi |
| usnicioara | 12,5 | 20,95 | 0,67 |
| runişor-Vest | 14,5 | 16,78 | 0,56 |
| egomir | 21,0 | 19,24 | 0,64 |
| runişor-Est | 27,0 | 11,48 | 0,38 |
| anou Prunişor-Vest | 9,0 | 66,00 | 2,20 |

Din tabel se observă că realizările din peri-metrul Husnicioara nu sînt mult superioare ţă de celelalte perimetre, iar la Prunişor-Est ealizările sînt cele mai mici, datorită faptului ă fronturile de lucru nu au avut continuitate execuţie. Vitezele mai mari obţinute în panou lucrările de pregătire în cărbune s-au dato-at faptului că s-a lucrat şi cu combina de înain-are.

În tabelul 2 redăm diferenţele pe verticală ealizate în perimetrele menţionate ca adîn-ime de deschidere şi denivelări ale coloanei e apă, pentru intersectarea cu lucrările miniere stratului de cărbune.

*Tabelul 2*

| Perimetrul | Diferenţe realizate pe verticală | | | |
|---|---|---|---|---|
| | metru lucr. min. | m col. apă total | m³/lună | m³/zi |
| usnicioara | 26,0 | — | — | — |
| runişor-Vest | 29,0 | 17,0 | 1,17 | 0,039 |
| egomir | 46,6 | 20,53 | 0,98 | 0,033 |
| runişor-Est | 44,0 | 16,07 | 0,59 | 0,019 |
| anou exploatare | 1,5 | 14,31 | 1,59 | 0,053 |

Se observă că în perimetrul Husnicioara nu fost nevoie de o coborîre a nivelului apelor, ar diferenţa pe verticală a lucrărilor miniere Prunişor-Est reprezintă realizările pînă la .01.1982 (mai sînt de realizat 16,5 m). În pa-oul de exploatare, 1,5 m reprezintă diferenţa ntre lucrările de pregătire. Menţionăm faptul ă denivelarea obţinută în panoul de exploatare eprezintă realizările din forajele de drenare, u asecarea pe cumpăna dintre foraje (dis-anţa dintre foraje fiind în acest caz de 90—00 m).

În tabelul 3 redăm rezultatele procesului de secare propriu-zis. Observaţiile au fost făcute în perioada tr. IV.1979—tr. IV.1981 pentru perioada de execuţie a lucrărilor din fiecare perimetru. Precizăm faptul că în panoul de exploatare urmează a se realiza în 1982 asecarea propriu-zisă, iar în perimetrul Prunişor-Est a se continua execuţia planelor înclinate concomitent cu asecarea.

Din datele menţionate în tabelul 3 se observă că debitele medii realizate în unitatea de timp

*Tabelul 3*

| Perimetrul | Debite realizate, m³ pe | | | |
|---|---|---|---|---|
| | metru de denivelare | metru de lucrare | 24 ore | 1 oră |
| Husnicioara | — | 2,06 | 1,2 | 0,05 |
| Prunişor Vest | 18 107 | 1263 | 706 | 29,4 |
| Negomir | 16 991 | 863 | 554 | 23,1 |
| Prunişor Est | 221 711 | 11 493 | 4 399 | 183 |
| Panou | 25 565 | 618 | 1 359 | 56,6 |

(respectiv oră) nu sînt deosebit de mari, dar au mari variaţii pe metru de lucrare minieră sau metru de denivelare (debitele specificate fiind o consecinţă a mediilor trimestriale). Debitele mari necesare pentru realizarea unei denivelări de un metru coloană de apă sau un metru de lucrare minieră din perimetrul Prunişor-Est reprezintă un aflux mai mare al orizontului acvifer dar şi oprirea lucrărilor miniere aproape trei trimestre.

În figura 3 sînt redate evoluţia debitelor pe trimestre în perimetrele observate şi unitatea de timp respectiv (m³/h).

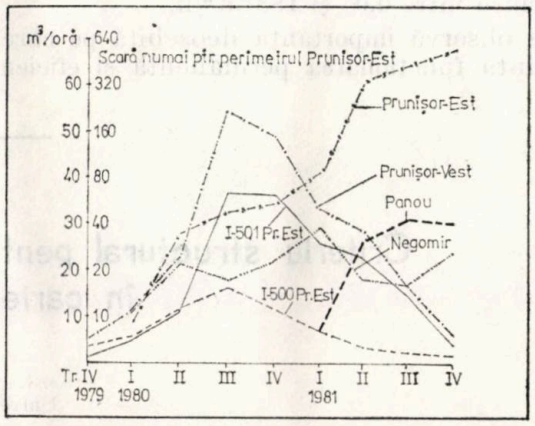



Fig. 3. Evoluţia debitelor la traversarea orizonturilor acvifere.

În grafic se relevă perioada de observaţie şi de lucru prin lucrările din fiecare perimetru, atît la lucrările miniere, cît şi la lucrările de asecare. Precizăm faptul că în debitele medii trimestriale sînt incluse forajele de drenare-asecare, instalaţia de desecare şi infiltraţiile de pe lucrările miniere, iar în cazul panoului de exploatare — şi a filtrelor penetrante. Debitele dintr-un perimetru reprezintă suma celor

două plane înclinate sau lucrărilor de pregătire la care se lucra simultan. În cazul perimetrului Prunișor-Vest s-au trecut și debitele realizate pe fiecare plan în parte.

Componența debitelor este reprezentată astfel: 85–90% din forajele de drenare-asecare; 8–12% din instalațiile de desecare; 0,2–1% din infiltrațiile înregistrate în lucrările miniere din perimetrele Prunișor și Negomir. În cazul perimetrului Husnicioara toată apa provine din infiltrații, iar în panou forajele reprezintă 60–70%, cele din filtre penetrante 10–25%, infiltrațiile variind între 5 și 15%.

## Concluzii

Viteza medie de avansare pe un front de lucru, determinată pe zile calendaristice, variază între 6 și 11 m/lună, cu excepția lucrărilor de pregătire unde s-au realizat 33 m/lună.

Denivelările realizate au variat între 0,019 și 0,039 m/zi, dacă nu luăm în considerare scăderea realizată în forajele de drenare în panoul de exploatare.

Debitele evacuate pentru realizarea unui metru de denivelare variază între 16 991 și 25 656 $m^3$, luînd în considerare și forajele din panou, dar fără debitele realizate în perimetrul Prunișor-Est, datorită unei lungi perioade de stagnare a fronturilor de lucru.

Debitele realizate pentru executatea unui metru de lucrare minieră variază între 206 și 1 263 $m^3$, de asemenea fără perimetrul Prunișor-Est.

Debitele realizate în unitatea de timp sînt cuprinse între 0,05 și 183 $m^3/h$.

Se observă importanța deosebită pe care o prezintă funcționarea permanentă și eficientă a sistemului de asecare, precum și continuitatea lucrului la fronturile în săpare.

Tehnologia de traversare a orizonturilor acvifere prin eliminarea apei cu ajutorul forajelor de drenare-asecare, instalațiile de desecare și stații de pompe s-a dovedit posibilă din punct de vedere tehnic și acceptabilă ca timp de execuție, dar încă nu se pot face aprecieri economice asupra eficienței, neavînd termeni de comparație cu alte metode de traversare a orizonturilor acvifere.

### Bibliografie


[1] Enache, C. *Proiect de asecare experimentală a abatajului experimental la mina-pilot Prunișor-Vest.* Noiembrie 1980, Arhiva ICITPML Craiova

[2] Horoșanu, Gh. *Observații privind asecarea carierei Roșia de Jiu.* Buletin de informații tehnice I.C.P.M.L. nr. 2, 1977, p. 47–54

[3] Horoșanu, Gh. *Aspecte privind asecarea orizonturilor acvifere din bazinul Rovinari.* Revista Mine, Petrol și Gaze, nr. 10, 1977, p. 443–445.

[4] Horoșanu, Gh. *Unele rezultate și probleme legate de asecare și evacuarea apelor în bazinul carbonifer Rovinari.* Revista Mine, Petrol și Gaze, nr. 5, 1978, p. 213–216

[5] Horoșanu, Gh. *Foraje de drenare la minele Prunișor-Est și Prunișor-Vest.* Noiembrie 1979 Arhiva ICITPML Craiova

[6] Horoșanu, Gh. *Foraje de drenare cu diametru mare la mina Negomir. Decembrie 1979* Arhiva ICITPML

[7] Horoșanu Gh. *Asecarea formațiunilor acvifere din bazinul Motru.* Buletin de informații tehnice ICITPML, nr. 3, 1980, p. 49–55

[8] Nicolau, C. *Plane inclinate de deschidere mina I. pilot Prunișor Vest.* 1979 Arhiva ICITPML

[9] Nicolau, C. *Plane inclinate de deschidere mina-pilot Husnicioara.* Ianuarie 1979 Arhiva ICITPML

[10] Nicolau, C. *Plane inclinate de deschidere mina I pilot Prunișor-Est.* Septembrie 1979. Arhiva ICITPML

[11] Vasilescu, P. *Mina-pilot Negomir — lucrări miniere principale de deschidere.* Octombrie 1979 Arhiva ICITPML


# Criteriu structural pentru analiza stabilității taluzurilor în cariera Roșia Poieni


Asist. ing. **C. Mărunțeanu**
Universitatea București


## I. Generalități

Una din problemele excavațiilor în masive de roci fisurate este identificarea unor posibile moduri de rupere a rocilor din cunoașterea orientării principalelor sisteme de discontinuități, în raport cu suprafețe excavate. Modurile cele mai frecvente de rupere în excavațiile la zi sînt: ruperea planară, dacă alunecarea are loc pe un singur plan, și ruperea tip pană, dacă alunecarea are loc pe două plane, care, împreună cu fețele taluzului, formează o pană tetraedrică de roci.

Prin lucrarea aceasta se propune folosirea metodei proiecției sferice pentru determinarea modului de rupere, identificarea sistemelor periculoase de discontinuități care se pot constitui în plane de alunecare și estimarea frecvenței alunecărilor posibile în diferite zone ale masivului.

În analiza prezentată s-au folosit măsurătorile de orientare a planelor de fisuri, efec-

tuate în rocile care constituie treptele în lucru ale carierei Roșia Poieni. Principalele tipuri de roci ale carierei aparțin aparatului vulcanic Roșia Poieni: andezitele amfibolice cu cuarț de Poieni și andezitele amfibolice de Fundoaia, purtătoare ale mineralizației cuprifere (fig. 1).

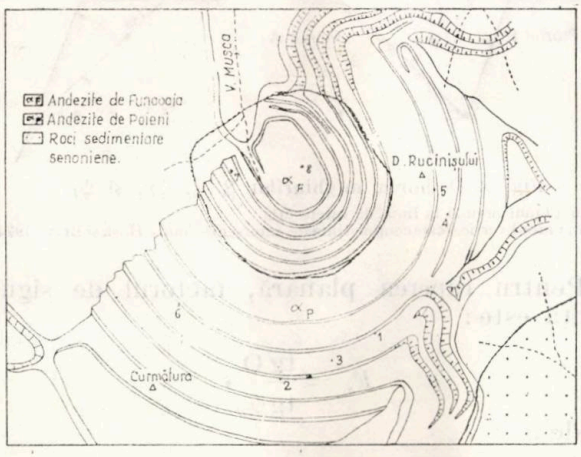



Fig. 1. Schița carierei Roșia Poieni

## II. Identificarea modului de rupere

*Ruperea tip pană*

La acest mod de rupere alunecarea are loc de-a lungul liniei de intersecție a două discontinuități planare. Pentru definirea completă a unei pene de roci s-a folosit următoarea exprimare: planele a căror intersecție formează muchia de alunecare au fost notate cu A și $B$ (planul $A$ are unghiul de înclinare mai mic decît planul $B$), planul bermei cu $C$, iar planul feței taluzului cu $F$. $I_{A-B}$, $I_{A-C}$ și $I_{B-C}$ reprezintă vectorii intersecțiilor dintre planele $A$, $B$ și $C$ (fig. 2). Vectorii intersecțiilor sînt considerați pozitivi dacă au sensul dinspre vîrful penei către suprafața excavată.

Pentru ca pana de roci mărginită de cele patru plane să fie instabilă, trebuie să fie îndeplinite următoarele condiții.

- Vectorul $I_{A-B}$ să fie pozitiv (adică înclinarea sa să fie conformă cu înclinarea taluzului).
- Unghiul de înclinare al vectorului $I_{A-B}$ să fie mai mic decît unghiul de înclinare al taluzului. Înregistrînd pe rețeaua Schmidt (prin proiecție pe emisfera inferioară) cercurile și polii planelor, precum și polii vectorilor de intersecție, polul vectorului $I_{A-B}$ trebuie să se proiecteze în afara suprafeței diagramei mărginită de cercul mare al feței taluzului și conținînd polul $F$. Dacă vectorul $I_{A-B}$ se proiectează în interiorul acestei suprafețe, pana este stabilă.
- Unghiul de înclinare al vectorului $I_{A-B}$ să fie mai mare decît unghiul de frecare internă pe planele $A$ și $B$.

Cele trei condiții mai pot fi scrise și sub forma:

$$\psi_{Fi} > \psi_i > \emptyset,$$

unde:

$\psi_{Fi}$ este unghiul de înclinare al feței taluzului, măsurat într-un plan vertical care conține linia de intersecție $I_{A-B}$;

$\psi_i$ — unghiul de înclinare al liniei de intersecție;

$\emptyset$ — unghiul de frecare al planelor de discontinuitate (fig. 5*b*).

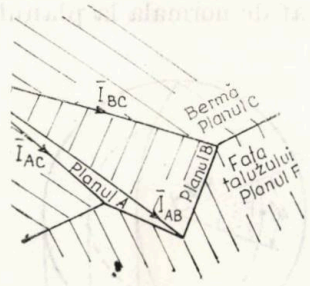



Fig. 2. Definirea planelor și a vectorilor intersecție pentru o pană tetraedrică de roci

Domeniul de instabilitate pentru polii muchiilor de alunecare ale penelor ($I_{A-B}$) se află deci cuprins între cercul mare al feței taluzului (planul $F$) și cercul de frictiune (cercul $\emptyset$) (domeniul punctat din figura 3).

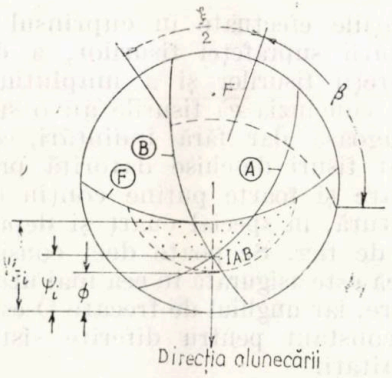



Fig. 3. Domeniul de instabilitate al polilor liniilor de intersecție a planelor $A$ și $B$

*Ruperea planară*

Posibilitatea de rupere și alunecare pe un singur plan este, în general, mai rară la taluzurile plane sau concave. Pentru ca ruperea să aibă loc după un plan, trebuie îndeplinite următoarele condiții:

— înclinarea planului de discontinuitate să fie conformă cu înclinarea taluzului;

— direcția planului să nu difere cu mai mult de $\pm 20°$ față de direcția feței taluzului;

— unghiul de înclinare al planului să fie mai mic decît unghiul de înclinare al taluzului;

— unghiul de înclinare al planului să fie mai mare decît unghiul de frecare internă pe acel plan;

— să existe plane de minimă rezistenţă, aproximativ perpendiculare pe planul de alunecare, care să mărginească prismul alunecării.

În diagramele de reprezentare în proiecţie sferică, domeniul de instabilitate pentru polii planelor de discontinuitate este cuprins între cercul mare al planului format de direcţia planului $F$ şi normala lui (conţinînd polul $F$), cercul $90-Ø$ şi două raze formînd un unghi de 40°, bisectat de normala la planul $F$ (fig. 4).

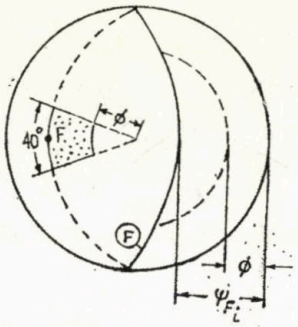



Fig. 4. Domeniul de instabilitate al polilor discontinuităţilor în ruperea plană

## Estimarea stabilităţii la alunecare a taluzurilor

Observaţiile efectuate în cuprinsul carierei asupra stării suprafeţei fisurilor, a distanţei dintre pereţii fisurilor şi a umpluturilor lor au dus la concluzia că fisurile au o suprafaţă relativ rugoasă dar fără îndinţări, cele mai multe sînt fisuri deschise datorită proceselor de excavare şi foarte puţine conţin material de umplutură, în special cuarţ şi depuneri de hidroxizi de fier. Se poate deci considera că stabilitatea este asigurată în cea mai mare parte prin frecare, iar unghiul de frecare Ø este aproximativ constant pentru diferite sisteme de discontinuităţi.

Estimarea stabilităţii la alunecare, pentru situaţia geologică considerată, se poate face cu ajutorul unui factor de siguranţă.

Pentru ruperea tip pană, calculul factorului de siguranţă a fost făcut cu ajutorul relaţiei propuse de Hoek şi Bray (1974) pentru alunecare pe plane fără coeziune:

$$F_s = \frac{\sin\beta}{\sin\xi/2} \cdot \frac{\operatorname{tg} Ø}{\operatorname{tg}\psi_i},$$

unde:

Ø este unghiul de frecare pe planele de alunecare;

$\psi_i$ — unghiul de înclinare al liniei de intersecţie a planelor de alunecare;

$\xi$ — unghiul dintre planele $A$ şi $B$;

$\beta$ — unghiul format de bisectoarea planelor $A$ şi $B$ cu orizontala, măsurat în planul normal al $I_{A-B}$ (fig. 5*a*).

Unghiurile $\xi/2$ şi $\beta$ nu se pot măsura direct în teren ci numai pe diagrama de proiecţie (fig. 3).

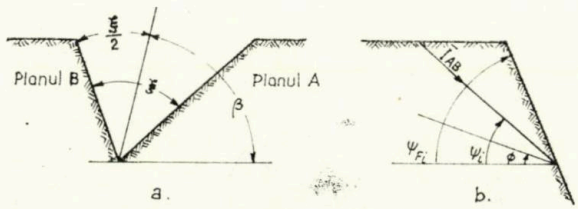



Fig. 5. Definirea unghiurilor $\beta$, $\xi$, $\psi_{Fi}$ şi $\psi_i$

*a* — în planul normal la linia de intersecţie

*b* — în planul vertical care conţine linia de intersecţie (după Hoek şi Bray, 1974)

Pentru ruperea planară, factorul de siguranţă este:

$$F_s = \frac{\operatorname{tg} Ø}{\operatorname{tg}\psi_p},$$

unde:

Ø — unghiul de fricţiune pe planul probabil de alunecare;

$\psi_p$ — unghiul de înclinare al acestui plan.

## Frecvenţa fenomenelor de alunecare

Frecvenţa fenomenelor de alunecare, indiferent de modul de rupere, este în directă legătură cu frecvenţa discontinuităţiilor sistemelor de fisuri care alcătuiesc planele posibile de alunecare.

Frecvenţa discontinuităţilor $\lambda$, pentru sistemele de fisuri considerate, se poate calcula cunoscînd frecvenţa discontinuităţilor $\lambda_\theta$ pe direcţia profilului de măsură, adică numărul mediu de discontinuităţi intersectate pe unitatea de lungime a liniei profilului. Notînd cu $\bar{x}$ distanţa medie dintre fisurile unui sistem pe direcţie normală la planele de fisuri şi cu $\bar{x}_\theta$ distanţa medie dintre fisuri pe direcţia profilului:

$$\bar{x} = \bar{x}_\theta \cos\theta,$$

unde:

$\theta$ este unghiul ascuţit dintre normala la sistemul de fisuri şi direcţia profilului.

Deoarece $\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$, frecvenţa fisurilor unui sistem se obţine cu relaţia:

$$\lambda = \frac{\lambda_\theta}{\cos\theta}.$$

Frecvenţa discontinuităţilor unui sistem pe direcţia profilului se poate aprecia analizînd prelucrările statistice ale diagramelor polare şi cunoscînd lungimea liniei de profil. Ea se obţine împărţind numărul de fisuri ale sistemului, intersectate de linia de profil (număr citit

n dreptul maximului de pe diagrama polară), a lungimea profilului. Unghiul θ poate fi măsurat pe diagrama polară, fiind unghiul ascuțit dintre polul sistemului de fisuri și unul din capetele diametrului corespunzător cercului mare al planului $F$ (considerînd linia profilului o linie orizontală în planul taluzului) (fig. 6).

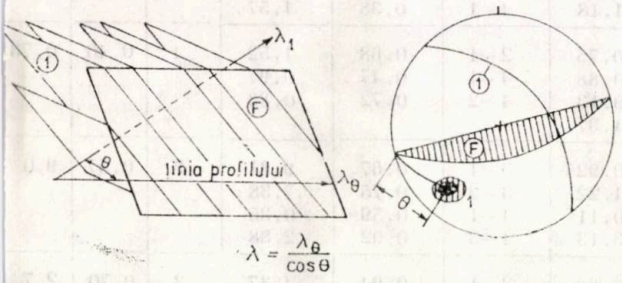



Fig. 6. Determinarea frecvenței discontinuităților pentru sistemele principale de fisuri

Pentru ruperea tip pană, frecvența fenomenului de alunecare pe direcția $I_{A-B}$, $\lambda_p$, este proporțională cu frecvența fisurilor planelor $A$ și $B$ care formează muchia de alunecare:

$$\lambda_p = \lambda_A \cdot \lambda_B$$

În cazul ruperii planare, posibilitatea de alunecare pe planele de fisuri ale sistemului, care îndeplinește condiția de instabilitate, este proporțională cu frecvența discontinuităților din sistem, λ.

## Rezultatele cercetărilor în cariera Roșia Poieni

În scopul determinării principalelor sisteme de fisuri, au fost măsurate și apoi proiectate și prelucrate statistic cu ajutorul calculatorului electronic [1] circa 2 000 de fisuri în diferite puncte de observație. După separarea sistemelor de fisuri, folosind criteriile de identificare a modului de rupere, au fost reținute, pentru fiecare punct de observație, sistemele capabile să producă ruperea de tip pană sau ruperea planară (fig. 7).

Pentru fiecare caz s-a calculat factorul de siguranță și frecvența fenomenului de rupere, datele fiind sintetizate în tabelul 1.

Avînd în vedere faptul că, în toate cazurile analizate, factorul de siguranță este subunitar (cazuri potențiale de alunecare), probabilitatea fenomenului depinde, în mare măsură, de frecvențele fisurilor în sistemele respective. Astfel, cazurile de instabilitate desprinse din analiza menționată sînt cele cu frecvență mai mare: în punctul de observație 1, penele de roci 3—1, 3—2, 3—4 și sistemul planar 3, în punctul 2, pana 2—1, în punctul 3, penele 3—1, 3—2, 4—3 și sistemul 3, în punctul 4, penele 3—1, 3—2 și sistemul 3, în punctul 5, penele 5—1, 4—5—6 și sistemul 5, în punctul 6, penele 5—1, 5—2 și sistemul 5, în punctul 7 nu există

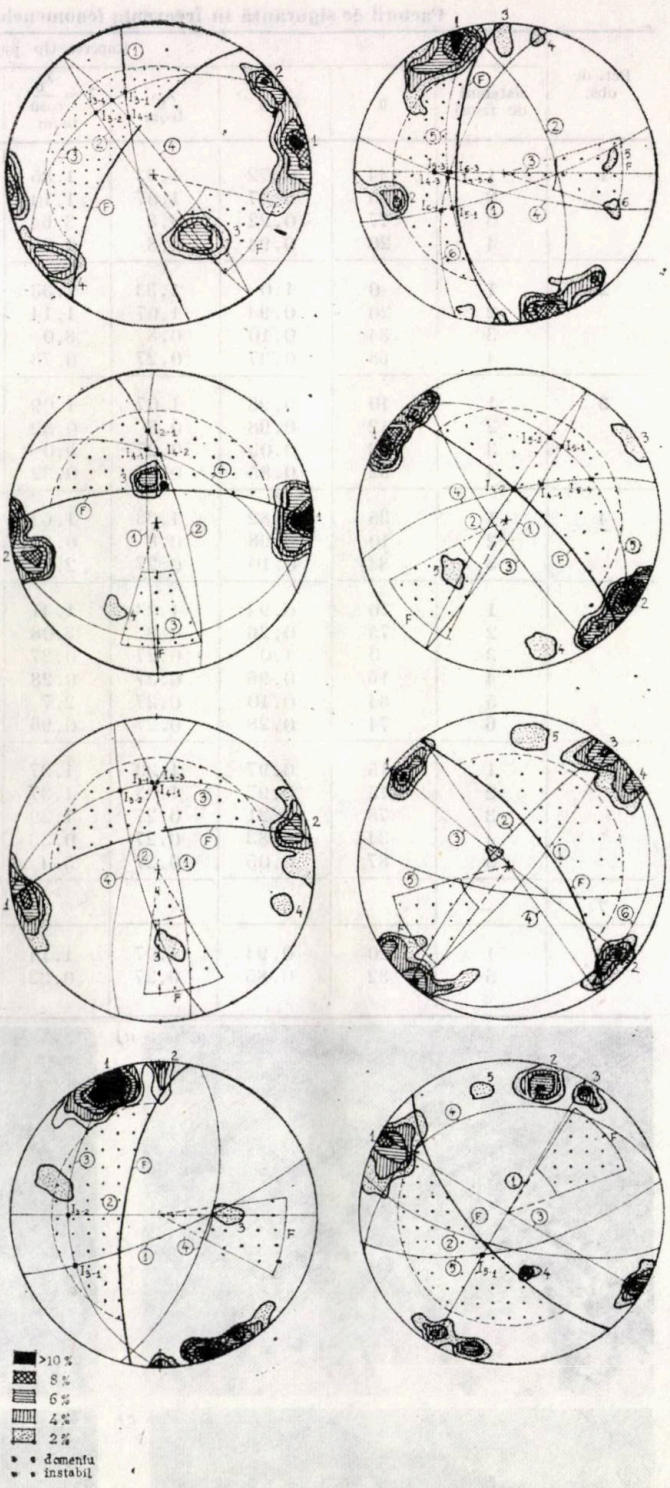



Fig. 7. Identificarea sistemelor de discontinuități care produc alunecări de tip pană și alunecări planare în diferite puncte ale carierei Roșia Poieni

sisteme de alunecare, iar în punctul 8 frecvența penei 5—1 este foarte mică.

Observațiile din teren confirmă foarte bine datele obținute prin interpretarea măsurătorilor, fenomenele de alunecare tip pană sau planare fiind evidente pe sistemele separate

**Factorii de siguranță în frecvența fenomenelor de alunecare în punctele de observație** *Tabelul*

| Pct. de obs. | Ruperea tip pană | | | | | | | | Ruperea planară | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | sistemul de fisuri | $\theta$ | $\cos\theta$ | $\lambda_\theta$, fis/m | $\lambda = \frac{\lambda_\theta}{\cos\theta}$, fis/m | $\bar{x} = \frac{1}{\lambda}$, m | $I_{A-B}$ | $Fs$ | $\lambda_p$ | sistemul de fisuri | $Fs$ | $\lambda$, fis/m |
| 1 | 1 | 44 | 0,72 | 1,33 | 1,85 | 0,54 | 3—1 | 0,76 | 6,73 | 3 | 0,61 | 3,64 |
| | 2 | 15 | 0,97 | 1,07 | 1,10 | 0,91 | 3—2 | 0,65 | 4,0 | | | |
| | 3 | 77 | 0,22 | 0,8 | 3,64 | 0,27 | 3—4 | 0,72 | 3,09 | | | |
| | 4 | 20 | 0,94 | 0,8 | 0,85 | 1,18 | 4—1 | 0,38 | 1,57 | | | |
| 2 | 1 | 0 | 1,0 | 1,33 | 1,33 | 0,75 | 2—1 | 0,68 | 1,52 | 4 | 0,40 | 0,73 |
| | 2 | 20 | 0,94 | 1,07 | 1,14 | 0,88 | 4—1 | 0,47 | 0,97 | | | |
| | 3 | 84 | 0,10 | 0,8 | 8,0 | 0,13 | 4—2 | 0,72 | 0,83 | | | |
| | 4 | 68 | 0,37 | 0,27 | 0,73 | 1,37 | | | | | | |
| 3 | 1 | 10 | 0,98 | 1,07 | 1,09 | 0,92 | 3—1 | 0,67 | 9,81 | 3 | 0,57 | 9,0 |
| | 2 | 12 | 0,98 | 0,8 | 0,82 | 1,22 | 3—2 | 0,75 | 7,38 | | | |
| | 3 | 88 | 0,03 | 0,27 | 9,0 | 0,11 | 4—1 | 0,59 | 0,35 | | | |
| | 4 | 32 | 0,85 | 0,27 | 0,32 | 3,13 | 4—3 | 0,92 | 2,88 | | | |
| 4 | 1 | 35 | 0,82 | 1,33 | 1,62 | 0,62 | 3—1 | 0,94 | 4,37 | 3 | 0,70 | 2,7 |
| | 2 | 10 | 0,98 | 0,8 | 0,82 | 1,22 | 3—2 | 0,70 | 2,20 | | | |
| | 3 | 84 | 0,10 | 0,27 | 2,7 | 0,37 | | | | | | |
| 5 | 1 | 20 | 0,94 | 1,33 | 1,41 | 0,71 | 4—3 | 0,41 | 0,07 | 5 | 0,29 | 2,7 |
| | 2 | 75 | 0,26 | 0,8 | 3,08 | 0,32 | 5—1 | 0,42 | 3,8 | 6 | 0,27 | 0,96 |
| | 3 | 0 | 1,0 | 0,27 | 0,27 | 3,70 | 5—3 | 0,29 | 0,73 | | | |
| | 4 | 16 | 0,96 | 0,27 | 0,28 | 3,57 | 6—1 | 0,47 | 1,35 | | | |
| | 5 | 84 | 0,10 | 0,27 | 2,7 | 0,37 | 6—3 | 0,27 | 0,27 | | | |
| | 6 | 74 | 0,28 | 0,27 | 0,96 | 1,04 | 4—5—6 | 0,38 | 3,62 | | | |
| 6 | 1 | 15 | 0,97 | 1,33 | 1,37 | 0,73 | 4—1 | 0,26 | 0,45 | 5 | 0,61 | 5,4 |
| | 2 | 15 | 0,97 | 1,33 | 1,37 | 0,73 | 4—2 | 0,27 | 1,82 | | | |
| | 3 | 78 | 0,21 | 0,27 | 1,29 | 0,78 | 5—1 | 0,74 | 7,40 | | | |
| | 4 | 34 | 0,83 | 0,27 | 0,33 | 3,03 | 5—2 | 0,75 | 7,40 | | | |
| | 5 | 87 | 0,05 | 0,27 | 5,4 | 0,19 | 5—4 | 0,93 | 1,78 | | | |
| 7 | — | | | | | | | | | — | | |
| 8 | 1 | 20 | 0,94 | 1,07 | 1,14 | 0,88 | 5—1 | 0,46 | 0,36 | — | | |
| | 5 | 32 | 0,85 | 0,27 | 0,32 | 3,12 | | | | | | |

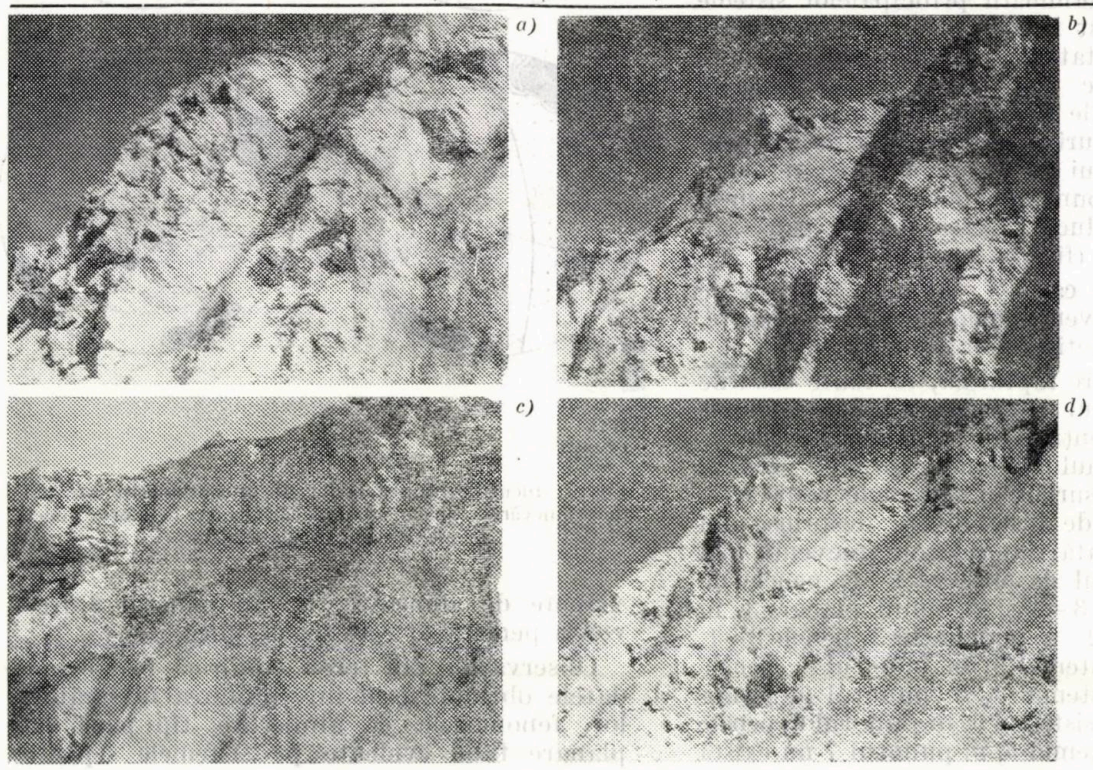


Fig. 8. Alunecări i
cariera Roșia Poien

*a, b* — tip pană;
*c, d* — planare

(fig. 8). În cîteva puncte de observaţie, fenomenele de alunecare, aşa cum rezultă din analiză, sînt mai puţin evidente în masiv, probabil din cauza valorilor prea asigurate pentru unghiul de frecare internă şi coeziune.

În analizele de stabilitate nu s-a luat în consideraţie şi presiunea apei din fisuri, ţinînd seama de faptul că masivul este drenat prin galeriile de cercetare existente de mai mulţi ani la cote inferioare treptelor carierei.

Criteriul de analiză propus, bazat pe cunoaşterea orientării şi frecvenţei planelor de discontinuitate, poate fi aplicat în diferite stadii de cercetare a masivului. El poate fi folosit în faza de dimensionare şi orientare a lucrărilor proiectate şi a sistemelor de împuşcare, în timpul excavării sau în faza de exploatare pentru cunoaşterea zonelor instabile şi pentru stabilirea lucrărilor de susţinere.

**Bibliografie**


[1] Gurău, A., Hanih, D. *Proiectarea şi prelucrarea statistică automată a datelor microtectonice la calculatorul electronic.* Studii şi cercetări de geologie, Acad. R.S.R., tom 25, 1980

[2] Hoek, E., Bray, J. *Rock Slope Engineering.* The Inst. of Min. and Metall., London, 1974

[3] Hudson, J. A., Priest, S. D. *Discontinuities and rocks mass geometry.* Int. J. Rock Mech. and Geomech. Abstr., vol. 16, nr. 6, Pergamon Press Ltd., 1979

[4] Lucas, J. M. *A general stereographie method for determining the possible mode of failure of any tetrahedral rock wedge.* Int. J. Rock Mech. and Geomech. Abstr., vol. 17, nr. 1, Pergamon Press, Ltd., 1980


# Realizarea de ciururi vibrante silenţioase şi rezistente la abraziune


Prof. dr. doc. **I. Constantinescu**
Institutul de Mine Petroşani
dr. ing. **Al. Darabont**
I.C.S.P.M. Bucureşti
ing. **St. Georgescu** şi ing. **C. Ionescu**
ICEMENERG Bucureşti


## I. Generalităţi

Dezvoltarea continuă şi în ritm susţinut a industriei miniere din ţara noastră, deschiderea, punerea în exploatare şi valorificarea superioară de noi zăcăminte de cărbune şi minereuri impun mecanizarea complexă a tuturor proceselor de lucru din subteran şi de la suprafaţă, perfecţionarea construcţiei utilajelor existente şi realizarea de noi maşini şi utilaje miniere.

Sarcini deosebit de importante revin în acest sens inginerilor, proiectanţilor şi cercetătorilor care îşi desfăşoară activitatea în domeniul proiectării şi realizării de maşini şi instalaţii miniere şi de preparare.

O cercetare şi o proiectare raţională în construcţia de maşini însă nu se poate efectua fără o tratare riguros ştiinţifică a fenomenelor dinamice complexe care au loc în timpul funcţionării maşinilor şi instalaţiilor.

În acest sens apare necesitatea de a pune la dispoziţia cercetătorilor şi proiectanţilor din construcţia de maşini a unor materiale care să trateze problemele actuale de dinamica ciururilor vibrante.

În cadrul uzinelor de preparare a cărbunelui sau a minereurilor, o pondere importantă o au instalaţiile vibrante (ciururile vibrante).

Deşi importantă, problema dinamicii acestor utilaje este puţin tratată în literatura tehnică de la noi din ţară.

Lucrarea de faţă este o sinteză a problemelor privind dinamica ciururilor şi transportoarelor vibrante.

## II. Dinamica instalaţiilor vibrante cu două mase

### 1. *Ecuaţiile diferenţiale ale mişcării*

Schema cinematică a unei instalaţii vibrante cu patru grade de libertate este reprezentată în figura 1, unde s-a notat cu:

- $O$, $O_1$, $O_2$ centrele de greutate ale subansamblurilor instalaţiei vibrante;
- $m_1$, $m_2$, $J_1$ şi $J_2$ — masele, respectiv momentele de inerţie ale subansamblurilor cu centrele

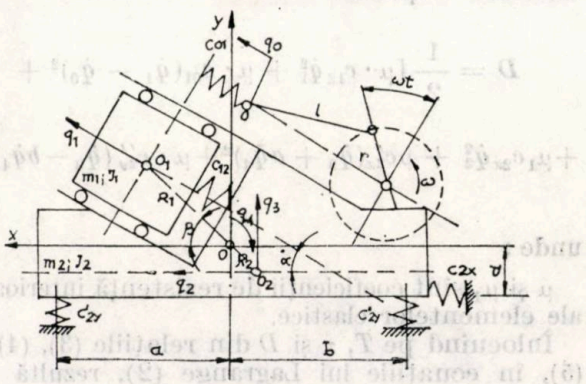



Fig. 1. Schema cinematică a unei instalaţii vibrante cu două mase

de greutate în $O_1$, respectiv $O_2$. Deplasarea punctului $O$ al bielei de lungime $l$ este

$$q_0 = r \sin \omega t \qquad (1)$$

Pentru a studia mişcarea sistemului, se utilizează ecuaţia lui Lagrange de forma :

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}\right) + \frac{\partial \pi}{\partial q_j} + \frac{\partial D}{\partial \dot{q}_j} = 0, \quad (j = 1; 2, \ldots) \qquad (2)$$

unde :

$q$ şi $\dot{q}_j$ este coordonata generalizată, respectiv viteza generalizată ;

$T$ şi $\pi$ — funcţia cinetică şi potenţială a energiei sistemului ;

$D$ — funcţia disipativă care depinde de forţele de frecare interioare a elementelor elastice.

Sistemul, avînd patru grade de libertate, poziţia sa poate fi caracterizată prin patru coordonate generalizate şi anume :

$q_1(t)$ — deplasarea masei cu centrul în $O_1$ ;

$q_2(t)$ şi $q_3(t)$ — deplasările masei cu centrul în $O_2$ ;

$q_4(t)$ — deplasarea unghiulară a sistemului în jurul axei $O$.

Energia cinetică a sistemului este :

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{2} (m_i v_i^2 + J_i \dot{\theta}_i^2), \qquad (3)$$

unde :

$v_i$ şi $\dot{\theta}_i$ sînt viteza liniară, respectiv unghiulară a maselor sistemului, unde $\dot{\theta}_1 = \dot{\theta}_2 = \dot{q}_4$.

Energia potenţială se va exprima prin relaţia :

$$\pi = \frac{1}{2}[c_{12} q_1^2 + c_{01}(q_1 - q_0)^2 + c_{2x} q_2^2 +$$

$$+ c'_{2y}(q_3 + a q_4)^2 + c''_{2y}(q_3 - b q_4)^2] \qquad (4)$$

Prin analogie cu relaţia (4), funcţia disipativă are expresia :

$$D = \frac{1}{2}[\mu \cdot c_{12} \dot{q}_1^2 + \mu \cdot c_{01}(\dot{q}_1 - \dot{q}_0)^2 +$$

$$+ \mu_1 c_{2x} \dot{q}_2^2 + \mu c'_{2x}(\dot{q}_3 + a\dot{q}_4)^2 + \mu \cdot c''_{2y}(\dot{q}_3 - b\dot{q}_4)^2], \qquad (5)$$

unde :

$\mu$ şi $\mu_1$ sînt coeficienţii de rezistenţă interioară ale elementelor elastice.

Înlocuind pe $T$, $\pi$ şi $D$ din relaţiile (3), (4) şi (5), în ecuaţiile lui Lagrange (2), rezultă un sistem de patru ecuaţii diferenţiale care caracterizează mişcarea sistemului.

Pentru a simplifica sistemul de ecuaţii considerăm :

$$\alpha = \beta ; \quad m_1 R_1 = m_2 R_2 \text{ şi } c'_{2y} a - c''_{2y} b = 0$$

şi rezultă :

$$\left.\begin{aligned} &a_{11}\ddot{q}_1 + a_{12}\ddot{q}_2 + a_{13}\ddot{q}_3 + b_{11}\dot{q}_1 + \\ &\quad + \mu b_{11}\dot{q}_1 - b_0 q_0 + \mu b_0 \dot{q}_0^2 = 0 ; \\ &a_{21}\ddot{q}_1 + a_{22} q_2 + b_{22}\ddot{q}_2 + \mu_1 b_{22}\dot{q}_2 = 0 ; \\ &a_{31}\ddot{q}_1 + a_{33}\ddot{q}_3 + b_{33} q_3 + \mu b_{33} q_3 = 0 ; \\ &a_{44}\ddot{q}_4 + b_{44} q_4 + \mu b_{44}\ddot{q}_4 = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

unde am notat :

$$\left.\begin{aligned} &a_{11} = 1 ; \; a_{12} = \cos\alpha ; \; a_{13} = \sin\alpha ; \; a_{21} = \cos\alpha ; \\ &a_{22} = a_{33} = \frac{m_1 + m_2}{m_1} ; \quad a_{31} = \sin\alpha ; \quad a_{44} = 1 ; \\ &b_0 m = \frac{c_{01}}{m_1} ; \quad b_{11} = \frac{c_{01} + c_{12}}{m_1} ; \quad b_{22} = \frac{c_{2x}}{m_1} \\ &b_{33} = \frac{c_{2y}}{m_1} ; \quad b_{44} = \frac{c_{2y} a^2}{J} \\ &J = J_1 + J_2 + m_1 R_1^2 + m_2 R_2^2 \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

unde :

$J$ este momentul de inerţie al sistemului în raport cu axa centrală de inerţie.

2. *Vibraţii forţate ale sistemului*

Pentru cazul vibraţiilor forţate, ecuaţiile diferenţiale care caracterizează mişcarea sistemului sînt de forma :

$$\left.\begin{aligned} &a_{11}\ddot{q}_1 + a_{12}\ddot{q}_2 + a_{13}\ddot{q}_3 + b_{11} q_1 + \mu b_{11}\dot{q}_1 = F_0 e^{i(\omega t - \varphi_0)} \\ &a_{21}\ddot{q}_1 + q_{22}\ddot{q}_2 + b_{22} q_2 + \mu_1 b_{22}\dot{q}_2 = 0 \\ &a_{31}\ddot{q}_1 + a_{33}\ddot{q}_3 + b_{33} q_3 + \mu b_{33}\dot{q}_3 = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

unde :

$F_0 = r b_0 \sqrt{1 + \mu^2 \omega^2}$ ; $\varphi_0 = \operatorname{arc\,tg} \frac{1}{\mu\omega}$ — fiind defazajul dintre forţa perturbatoare şi deplasarea $q_0$.

Soluţiile particulare ale sistemului de ecuaţii diferenţiale (8) se pot scrie sub forma :

$$\left.\begin{aligned} &q_1 = \bar{A}_1 e^{i(\omega t - \varphi_0)} ; \quad q_2 = \bar{A}_2 e^{i(\omega t - \varphi_0)} \\ &q_3 = \bar{A}_3 e^{i(\omega t - \varphi_0)} \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

unde :

$\bar{A}_1$, $\bar{A}_2$, $\bar{A}_3$ sînt amplitudini complexe.

Valorile amplitudinilor complexe se vor calcula cu relația :

$$A_j = \frac{U_j + iK_j}{L + iM}, \quad (j = 1\,;\ 2\,;\ 3) \qquad (10)$$

unde :

$$L = (b_{11} - a_{11}\omega^2)(b_{22} - a_{22}\omega^2)(b_{33} - a_{33}\omega^2) -$$
$$- \mu\,\mu_1\omega^2\, b_{22}b_{33}(b_{11} - a_{11}\omega^2) -$$
$$- \mu_2\omega^2\, b_{11}b_{33}(b_{22} - a_{22}\omega^2) -$$
$$- \mu\,\mu_1\omega^2\, b_{11}b_{22}(b_{33} - a_{33}\omega^2) - a_{21} -$$
$$- a_{12}\omega^4(b_{33} - a_{33}\omega^2) - a_{31}a_{13}\omega^4(b_{22} - a_{22}\omega^2)\,;$$

$$M = \mu\omega b_{33}(b_{11} - a_{11}\omega^2)(b_{22} - a_{22}\omega^2) +$$
$$\mu_1\omega b_{22}(b_{11} - a_{11}\omega^2)(b_{33} - a_{33}\omega^2) +$$
$$+ \mu\omega b_{11}(b_{22} - a_{22}\omega^2)(b_{22} - a_{33}\omega^2) -$$
$$- \mu_1\mu^2\omega^3 b_{11}b_{22}b_{23} - \mu\omega^5 a_{21}a_{12}b_{33} -$$
$$- \mu_1\omega^5 a_{31}a_{13}b_{22}\,;$$

$$U_1 = F_0[(b_{22} - a_{22}\omega^2)(b_{33} - a_{33}\omega^2) -$$
$$- \mu\,\mu_1\omega^2 b_{22}b_{33}]\,; \qquad (11)$$

$$K_1 = F_0[\mu\omega b_{33}(b_{22} - a_{22}\omega^2) + \mu_1\omega b_{22}(b_{33} - a_{33}\omega^2)]\,;$$
$$U_2 = F_0\,\omega^2 a_{21}(b_{33} - a_{33}\omega^2)\,; \quad K_2 = F_0\,\mu\omega^3 a_{21}b_{33}\,;$$
$$U_3 = F_0\,\omega^2 a_{31}(b_{22} - a_{22}\omega^2)\,; \quad K_3 = F_0\,\mu_1\omega^3 a_{31}b_{22}.$$

După o serie de transformări, soluțiile (9) devin :

$$q_1 = A_1 \cos(\omega t + \psi_1)\,;$$
$$q_2 = A_2 \cos(\omega t + \psi_2)\,; \qquad (12)$$
$$q_3 = A_3 \cos(\omega t + \psi_3),$$

unde aplitudinile deplasărilor $q_j$ sînt :

$$A_j = \sqrt{\frac{U_j^2 + K_j^2}{L^2 + M^2}}, \quad (j = 1\,;\ 2\,;\ 3) \qquad (13)$$

iar diferența de fază dintre deplasările $q_j$ și deplasarea excitatoare $q_0$ este :

$$\psi_j = \varphi_j - \varphi_0, \quad (j = 1\,;\ 2\,;\ 3) \qquad (14)$$

E x e m p l u Se consideră instalația vibrantă de la exemplul precedent. Presupunînd că pulsația proprie a sistemului este :

$$\omega = p_3 = 83{,}09\ \text{s}^{-1}$$

și considerînd $r_0 = 0{,}01$ m ; $\mu = 10^{-3}$ s ; $\mu_1 = 0{,}6 \cdot 10^{-3}$ s, să se determine caracteristicile vibrațiilor forțate.

Înlocuind avem :

$F_0 = 5{,}02$ daN ; $\varphi_0 = 85°15'$ (1,49 rad).

Din relațiile (11) rezultă :

$$L = 0{,}66 \cdot 10^{10}\,; \quad M = 14{,}3 \cdot 10^{10}\,;$$
$$U_1 = 19{,}04 \cdot 10^{10}\,;$$
$$U_2 = -5{,}98 \cdot 10^{10}\,; \quad U_3 = -2{,}91 \cdot 10^{10}\,;$$
$$K_1 = -0{,}18 \cdot 10^{10}\,;$$
$$K_2 = 0{,}046 \cdot 10^{10}\,; \quad K_3 = 0{,}005 \cdot 10^{10}.$$

Cu relațiile (13) calculăm amplitudinile oscilațiilor forțate :

$$A_1 = 0{,}0132 \text{ m}\,; \quad A_2 = 0{,}0041 \text{ m}\,;$$
$$A_3 = 0{,}002 \text{ m}.$$

Unghiurile de defazaj $\varphi_j$ sînt :

$\varphi_1 = 272°36'$ (4,72 rad) ;

$\varphi_2 = 92°36'$ (1,61 rad) ;

$\varphi_3 = 92°36'$ (1,61 rad),

$\psi_1 = 187°21'$ (3,29 rad) ;

$\psi_2 = 7°21'$ (0,13 rad) ;

$\psi_3 = 7°21'$ (0,13 rad)

Înlocuind valorile calculate mai sus în expresiile (12) rezultă :

$q_1 = 1{,}32 \cos(83{,}09\ t + 187°21')$, cm ;

$q_2 = 0{,}41 \cos(83{,}09\ t + 7°21')$, cm ;

$q_3 = 0{,}20 \cos(83{,}09\ t + 7°21')$, cm.

*

Ciururile vibrante reprezintă una din sursele principale de zgomot în instalațiile de preparare a minereurilor și de sortare a rocilor.

După principiul de funcționare, aceste ciururi pot fi acționate prin arbore cu excentric, cu debalans (masă excentrică) sau cu mecanism bielă manivelă.

Sursa principală de zgomot și vibrații este ciocnirea dintre grătar și bucățile de rocă de pe grătar, ca urmare a mișcării sale vibratorii. Vibrația grătarului și a infrastructurii lui produce, de asemenea, un zgomot puternic, radiat cu ușurință în mediul înconjurător. Datorită modului complex de vibrare a acestor elemente, zgomotul are în spectru, pe lîngă o componentă fundamentală cu frecvența egală cu cea a grătarului, și o serie de armonice ale fundamentalei.

Din cauza caracteristicilor fizice și fiziologice ale vibrațiilor și zgomotelor produse, precum și a faptului că muncitorii sînt obligați să stea în încăperea respectivă, aceștia sînt supuși unor influențe cu puternic caracter nociv.

În afară de zgomotul ridicat, grătarele metalice ale ciururilor vibrante prezintă și un alt dezavantaj și anume acela că se uzează repede datorită abraziunii materialului de ciuruit.

Combaterea zgomotului și vibrațiilor, de asemenea mărirea rezistenței la abraziune a grătarelor ciururilor vibrante este o problemă dificilă din cauza condițiilor multiple care se pun soluțiilor adoptate. Astfel, la combaterea zgomotului și vibrațiilor la sursă, trebuie să se țină seama de faptul că însuși procesul tehnologic reclamă producerea vibrațiilor, în vederea asigurării procesului de ciuruire.

Una din metodele utilizate pînă în prezent pentru combaterea zgomotului produs de ciururi constă în utilizarea cauciucului la executarea grătarelor.

### III. Ciururi vibrante silențioase cu grătare cauciucate

În legătură cu cauciucarea grătarelor ciururilor vibrante, există firme în străinătate specializate în această problemă — Skega și Trelleborg (Suedia).

Încercările experimentale efectuate de aceste firme cu grătarele cauciucate au scos în evidență o serie de avantaje :

- atenuarea zgomotului în proporție de 80 %;
- montaj simplu și ușor, construcție autoportantă ;
- acțiunea de vibrare a plăcilor asigurată și prin pretensionarea plăcilor ;
- o rezistență satisfăcătoare la uzură, astfel că durata de funcționare a unui element de cauciuc este mai mare decît a plăcilor de oțel ;
- pericolul de înfundare a plăcii de ciuruire este eliminat, astfel că se obține un randament mărit.

Grătarele cauciucate se realizează, de obicei, în variantă autoportantă, pentru a se folosi la maximum elasticitatea cauciucului și a se evita pericolul de înfundare în cazul materialului lipicios.

Elementele principale ale unui grătar cauciucat sînt :

— plăcile de ciuruire (fig. 2) care sînt livrate gata de montat, numărul lor depinzînd de tipul și mărimea grătarului ;

— părțile laterale de prindere, a căror consolidare laterală se realizează prin sistemul de prindere reprezentat în figura 3, cu ajutorul unor șuruburi și piulițe de fixare ;

— traversa intermediară fixată de rama inferioară a ciurului și rama metalică care este vulcanizată în placa de cauciuc.

Încercările de exploatare ale ciururilor cauciucate au demonstrat că ciuruirea este ușurată de forma specială a elementelor, precum și de execuția ochiurilor și a traverselor de susținere. Refuzul este preluat de către traverse și ținut la distanță de suprafața de ciuruire, astfel că pentru materialul de clasat stă la dispoziție întreaga suprafață de ciuruire.

Plăcile de ciuruire din cauciuc au, în comparație cu tablele perforate, un avantaj în

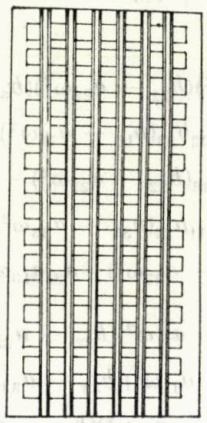


Fig. 2. Vedere generală a unei plăci de ciuruire cauciucate.

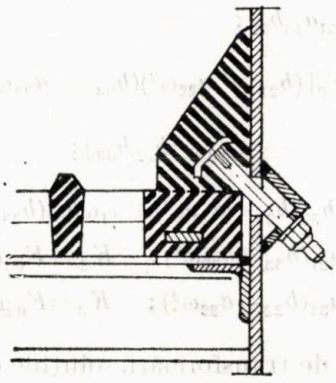


Fig. 3. Sistemul de fixare a părților laterale ale grătarului.

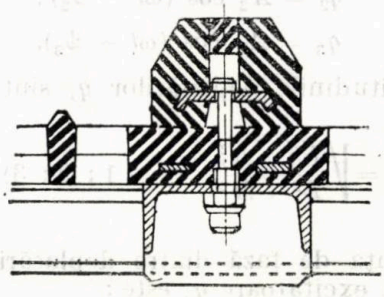


Fig. 4. Sistemul de fixare a traverselor intermediare ale grătarului.

plus și anume acela că la plăcile cauciucate zgomotele datorate vibrației fiind reduse simțitor în comparație cu tablele perforate din oțel, degradarea utilajelor din cauza rezonanței este evitată.

Măsurările de zgomot efectuate la ciururi vibrante cu grătare cauciucate și grătare din tablă de oțel au arătat o reducere a nivelului de zgomot cu 7 dB(A), adică de la 105 dB(A)

a 98 dB(A). Spectrele zgomotului măsurat n cele două cazuri sînt reprezentate în figura 5.

Capacitatea de rezistență la uzură a grătare-or cauciucate se poate mări de 3—4 ori prin

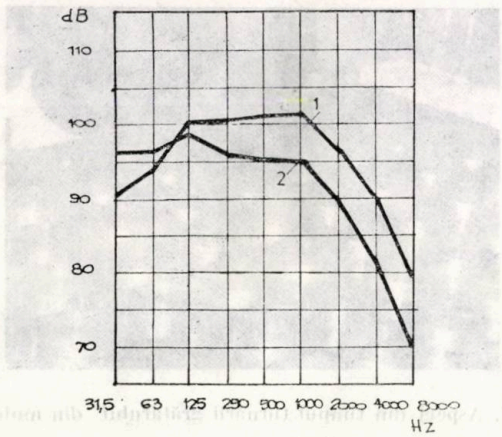



Fig. 5. Spectrul zgomotului la ciururile vibrante cu grătare din tablă de oțel (curba 1) și cu grătare cauciucate (curba 2

nlocuirea cauciucului cu poliuretanul de tip moldotan fabricat în țară.

Menționăm că nivelul de zgomot se menține n jurul aceleași valori ca și în cazul grătare-lor cauciucate.

## IV. Poliuretanul dens de tip moldotan

Poliuretanul de tip moldotan a fost realizat în cadrul Institutului de chimie macromolecu-lară „Petru Poni" din Iași, în componența sa intrînd numai elemente fabricate în țară.

Poliuretanii constituie o clasă de materiale ce se remarcă prin proprietățile cu totul deose-bite, reunind calități ale cauciucurilor con-venționale, ale maselor plastice și ale metale-lor.

Această combinație de proprietăți (rezis-tență ridicată la abraziune și uleiuri; rezis-tență mare la tracțiune, alungire și sfîșiere; duritate foarte bună, concomitent cu o elas-ticitate remarcabilă) explică numeroasele apli-cații industriale ale poliuretanilor dezvoltate în ultimii treizeci de ani. În plus, aceste mate-riale oferă o capacitate de diversificare foarte mare, fiind prezentate pe piața mondială sub formă de spume elastice, rigide, elastomeri, lacuri și adezivi, fibre textile, piele sintetică ș.a.

Elastomerii poliuretanici se prelucrează ca produse finite prin turnare, prin pulverizare, prin vălțuire și prin injecție.

Procedeul prin turnare este cel mai vechi, începînd a fi folosit din anul 1945. El constă în amestecarea tuturor componentelor reac-tive în fază lichidă. Durata scurtă de cîteva minute în care amestecul rămîne în faza lichidă este utilizată pentru umplerea formei (forma fiind încălzită) și apoi lăsat să se definitiveze formarea polimerului, materialul trecînd în faza solidă.

În ultimul timp a căpătat o largă răspîndire procedeul prin injecție, în care caz elementele componente se granulează în prealabil.

Piesele din poliuretan, supuse la solicitări dinamice sau la abraziune, se comportă mai bine decît piesele din cauciuc, datorită modulu-lui de elasticitate mai bun, completat de o rezistență îmbunătățită la abraziune și capa-citate mărită de amortizare a vibrațiilor.

## V. Tehnologia de realizare a grătarelor din moldotan

Poliuretanul de tip moldotan este un com-pus chimic organic cu moleculă mare obți-nută prin reacția dintre un diizocianat cu un poliester sau cu alte substanțe, avînd atomi de hidrogen activi. Moldotanul are ca materii prime de bază dibenzildiizocianatul și poliester-glicol-diadipatul.

Reacția de formare a moleculei mari (reticu-larea) este accelerată cu dietilenglicol.

Elementele componente sus-menționate sînt produse la Combinatul de fire sintetice Săvi-nești și Combinatul petrochimic Brazi.

Proporția în reacție între reactanți și între aceștia și agentul de reticulare duce la pro-prietăți specifice ale poliuretanului obținut. Se pot obține astfel variații ale elasticității, durității Shore, rezistențelor mecanice la dife-rite solicitări.

În vederea realizării unui grătar din moldo-tan pentru ciururi vibrante, s-a executat o formă de turnare, reprezentată în figura 6.

Pentru realizarea grătarului s-a utilizat teh-nica de obținere a elastomerului sub formă

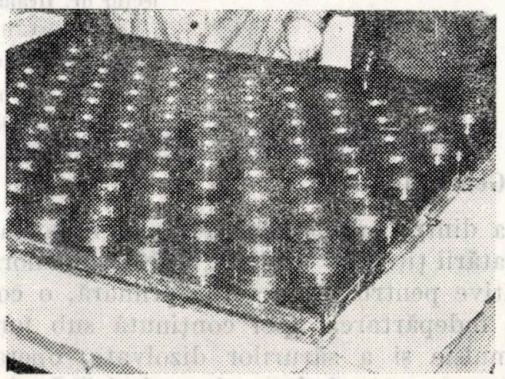


Fig. 6. Vedere generală a formei de turnare a unui grătar din moldotan cu ochiuri circulare.

lichidă pentru turnare după procedeul Vulco-lan, procedeu care comportă mai multe faze.

**a.** Faza de deshidratare a poliesterului în condiții de temperatură de 110°C și vid înaintat de circa 4 mm coloană mercur.

**b.** Faza de prepolimer nestocabil, în care tot în condiţii de vid şi temperatură sînt puse în contact poliesterul deshidratat şi izocianatul. În condiţiile de mai sus are loc reacţia care are ca scop final obţinerea prepolimerului lichid.

**c.** Faza de polimer apt pentru turnare în formă. Polimerului obţinut în faza precedentă i se adaugă agentul de reticulare. Se execută o agitare puternică şi scurtă. În această fază, polimerul nu poate sta decît cîteva minute, după care trece din faza lichidă în cea solidă.

**d.** Faza de turnare. Polimerul lichid se toarnă repede în formă, urmînd ca după cîteva minute să se solidifice.

**e.** Faza de solidificare şi tratament termic ulterior. După solidificare şi în continuare ciclic, se fac tratamente termice care constau în ridicarea temperaturii piesei turnate, menţinerea la aceasta un număr de ore după care se răceşte lent.

Ciclurile de tratament termic sînt stabilite împreună cu pauzele dintre ele în funcţie de grosimea materialului turnat.

Pentru turnarea grătarului din moldotan au fost necesare un reactor de deshidratare un reactor de prepolimenizare, o masă caldă la 110°C şi o etuvă pentru tratamentul termic la 110°C.

Turnarea grătarului s-a efectuat în aşa fel, încît durata sa să fie mai mică de două minute.

Aspecte din timpul turnării grătarului sînt reprezentate în figura 7.

După efectuarea turnării, grătarul din moldotan s-a demulat şi a fost supus la tratament

Fig. 7. Aspect din timpul turnării grătarului din moldotan.

termic după următorul regim : 5 zile repaus la 25°C ; 12 ore în etuvă la 110°C ; 5 zile repaus la 25°C.

În vederea efectuării probelor de anduranţă, grătarul din moldotan urmează a se monta la un ciur vibrant la Interprinderea pentru prepararea minereurilor Deva.

# Studiul comparativ al unor substanţe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra ţiţeiurilor de tip Sarmanţian I

Prof. dr. ing. **V. Părăuşanu**, conf. dr. ing. **Steliana Creţu**
lector dr. **Ileana Ponoran**, ing. **Petruţa Sîrbu**,
asist. dr. chim. **Camelia Călin**
Academia de studii economice Bucureşti şi
ing. **N. Ionescu**
Ministerul Petrolului

## I. Generalităţi

Una dintre problemele cele mai importante ale tratării ţiţeiului brut, în vederea ameliorării calitative pentru prelucrarea primară, o constituie îndepărtarea apei conţinută sub formă de emulsie şi a sărurilor dizolvate, operaţie ce se recunoaşte sub denumirea clasică de dezemulsionare şi desalinizare a ţiţeiului.

Substanţele chimice folosite pentru realizarea acestor operaţii au compoziţii şi structuri chimice diferite dar acţiunea lor dezemulsionantă şi desalinizantă se bazează pe o însuşire comună şi anume tensiunea superficială a acestor substanţe..

Considerente de eficienţă tehnică şi economică au determinat orietarea unui colectiv din catedra de tehnologie din cadrul A.S.E. să se preocupe de sinteza unor produse tensioactive din materiale indigene, susceptibile de a fi utilizate în calitate de dezemulsionanţi. Astfel, au fost sintetizate substanţe tensioactive care se integrează în următoarele categorii de substanţe tensioactive :

—neionice de tip clorester ;

—cationice de tip săruri cuaternare de amoniu.

## II. Partea experimentală

1. *Sinteza tensidelor de tip neionic*

S-au sintetizat substanţe tensioactive neionice prin esterificarea acidului monoclor acetic

cu polietilenglicoli cu masă moleculară cuprinsă între 200 și 1 500 sau cu copolimeri ai OE—OP cu un conținut de oxid de etilenă de 10—40% greutate.

Condițiile de lucru au fost: raport molar polietilenglicol (kg): acid monocloraacetic = 1 : 1, în prezența de catalizatori — schimbători de ioni cationici (VIONIT) sau în concentrație de 10—15 g schimbători de ioni/mol polialchilenglicol. Pentru îndepărtarea apei care rezultă din reacție s-au utilizat hidrocarburi aromatice (benzen, toluen) cu temperatura de fierbere scăzută în concentrație de 10—80% față de acid. Catalizatorul s-a separat din mediul de reacție prin filtrare, iar esterii obținuți au fost purificați prin distilarea solventului la vid sau distilare moleculară [1].

2. *Sinteza tensidelor de tip cationic*

S-au sintetizat produse tensioactive de tip cationic folosind ca materii intermediare cloresterii obținuți mai sus, prin cuaternizarea etanolaminei cu acești agenți de cuaternizare. S-a lucrat la un raport molar amină : clorester de 1 :1, temperatură de 160—180°C și timp de reacție de 4—5 ore [1].

Substanțele tensioactive cationice de tipul halogenurilor de dietil-N-alchil (R) — amidoalchilen-amoniu ($R = C_{12} - C_{18}$), s-au sintetizat prin cuaternizarea dietil-N-alchil (R) — amidoalchilenaminelor cu dihalogen alcani la un raport molar de 1 :1,6 amidoalchilen-amină față de dihalogenalcan. Reacția a decurs la temperatura de 80°C în mediu de solvent polar (izopropanol) sau amestec de solvenți (izopropanol — dihalogen alcani) [2]. În tabelul 1 sînt prezentate principalele caracteristici ale dezemulsionanților sintetizați.

Se observă că indicativul HLB (balanța hidrofillipofil) care reflectă capacitatea de dezemulsionare a unei substanțe tensioactive este cuprins, pentru toate substanțele sintetizate, între 10 și 12,7, ceea ce atestă perspectiva de utilizare a acestor produse ca dezemulsionanți.

*Tabelul 1*

| Dezemulsionant | pH | Densitate relativă | Indice de refracție $n_D^{25}$ | HLB | Interval de topire, °C |
|---|---|---|---|---|---|
| $E_1$ | 3,2 | 1,0081 (25°C) | 1,4520 | 11,2 | — |
| $E_2$ | 4,7 | 1,0031 (25°C) | 1,4649(20°C) | 12,31 | — |
| $E_3$ | 5,5 în sol. ap. 1% | — | — | 12,32 | 25...40°C |
| $E_4$ | 4,5 | 1,0067(20°C) | 1,4520 | 10,9 | — |
| C20 | 5,2 în sol. ap. 1% | — | — | 11,01 | 58...60°C |
| C 21 | 4,8 | 1,0064(20°C) | 1,469 | 12,68 | — |

$E_1$ — ester monoclorurat al OE — OP 10%
$E_2$ — ester monoclorurat al PEG 200
$E_3$ — ester monoclorurat al PEG 1500
$E_4$ — sare cuaternară de amoniu a dietanol-aminei cu esterul monoclorurat al OE—OP 10%
$C_{20}$, $C_{21}$ — clorură de dietil-N-alchil (R)-amido-alchilen amoniu (R=12,18)

## III. Testarea dezemulsionanților sintetizați

Metodele folosite pentru testarea substanțelor sintetizate sînt cele prevăzute în literatura de specialitate [3]. Pentru comparație s-au folosit produsele comerciale indigene utilizate curent $STN_2$ (rezidii de acizi grași RAG — polietoxilați cu 13—15 moli OE), $STN_3$ (rezidii de acizi grași RAG — polietoxilați cu 26—28 moli OE), $E_{96}$ (polialchilen glicoli eteri cu masă moleculară relativă 2000—9000 și un produs import (agent tensioactiv ionic), Prochinor 2558.

Încercările s-au efectuat pe țiței de tip Sarmațian livrat de Trustul petrolului Moinești. Caracteristicile emulsiilor de țiței testate sînt redate în tabelul 2.

*Tabelul 2*

| Caracteristici | | Schela extracție | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 401 Zemeș rez. 17 | Modîrzău Nihoc | Cerdac | Sarmațian rez.11 |
| Densitate la 15°C | — | 0,870 | 0,8795 | 0,8913 | 0,8554 |
| Conținut în apă, | % | 42,5 | 88 | 75 | 33 |
| Conținut în săruri (NaCl) | kg/vag | 614,25 | 1200 | 117,35 | 526,6 |
| Conținut în impurități mecanice, | % | 0,119 | 0,20 | 0,089 | 0,0684 |
| Conținut în țiței curat | % | 54,55 | 10,0 | 24,0 | 66,0 |
| Punct de congelare | °C | +15 | +14 | +14 | −15 |
| Viscozitate la25°C | °E | 2,12 | 2,32 | 2,4 | 1,608 |

Deoarece țițeiul testat conține cantități de apă destul de mari (min. 30%), care în timp se decantează și probele devin neomogene, s-a procedat inițial la testarea tipurilor de dezemulsionanți pe amestecuri sintetice țiței curat — apă salină, decantată din emulsiile de țiței.

Aceste amestecuri, realizate la un raport țiței/apă de 90/10 pînă la 50/50, au fost testate la temperaturi de 40 și 60°C; dezemulsionanții s-au adăugat direct în cantități de 1 și 2 g dezemulsionant/100 ml amestec sintetic.

## IV. Rezultate

Rezultatele experimentale obținute sînt prezentate sintetic în tabelele 3 și 4.

După cum rezultă din datele prezentate în tabelul 2, pentru amestecurile de țiței cu con-

*Tabelul 3*

**Comportarea amestecurilor sintetice de țiței Sarmațian/apă salină în prezența de diferiți dezemulsionanți la 40 și 60 °C**

| Dezemulsionant | Conc. dezem. g/100 ml | Apă salină adăug., ml. | 40° C | | | | 60° C | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Apă separată în timp, h | | | | Apă separată în timp, h | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| E 4 | 1 | 50 | 45 | [50] | 50 | — | [51] | 51 | 51 | — | — |
| C 20 | 1 | 50 | — | — | — | — | 23 | 27,5 | 45 | [50] | 50 |
| Prochinor | 1 | 50 | 26,5 | 33 | 36 | 37 | 47 | 47 | 48 | 48 | — |
| E 96 | 1 | 50 | 44 | 48,5 | [50] | 51 | 29,5 | 35 | 38 | 40 | 43 |
| E 4 | 1 | 30 | 10 | 27 | [30] | 30 | 29 | 29 | 29 | — | — |
| C 20 | 1 | 30 | — | — | — | — | 29 | [30] | 30 | — | — |
| Prochinor | 1 | 30 | [30] | 30 | 30 | — | 28 | 29 | 29 | — | — |
| E 96 | 1 | 30 | [35] | 35 | — | — | 4 | 5 | 9 | — | — |
| E 4 | 1 | 10 | — | — | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | — | — |
| C 20 | 1 | 10 | — | — | — | — | 8 | 8 | 8 | — | — |
| Prochinor | 1 | 10 | [11] | 11 | 11,5 | — | 5 | [10] | 11 | — | — |
| E 96 | 1 | 10 | [11] | 12,5 | 12,5 | — | [10] | 10 | 10,5 | — | — |

*Tabelul 4*

**Comportarea amestecurilor sintetice de țiței Sarmațian apă/salină în prezență de diferiți dezemulsionanți la 40° C și 60° C**

| Dezemulsionant | Conc. dezem. g/100 ml | Apă salină adăug., ml. | 40 °C | | | | | 60 °C | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Apă separată în timp, h | | | | | Apă separată în timp, h | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| E 4 | 2 | [50] | [51] | 51 | 51,5 | 51,5 | — | [51] | 51 | 51 | — |
| C 20 | 2 | 50 | — | — | — | — | — | [52] | 54 | 54 | 54 |
| Prochinor | 2 | 50 | 5 | 11 | 16 | 19,5 | 21,5 | 49 | 49,5 | [50] | 51 |
| E 96 | 2 | 50 | 38 | 43 | 45 | 46 | — | 38 | 43 | 45,5 | 47 |
| E 4 | 2 | 30 | 17 | 29 | 29 | 29 | — | 27 | 28 | 29 | 29 |
| C 20 | 2 | 30 | 5 | 10 | 14 | 19 | — | 22 | 27 | [30] | 31 |
| Prochinor | 2 | 30 | — | — | — | — | — | 27 | 28 | 29 | 29 |
| E 96 | 2 | 30 | 10 | 26 | 29 | [30] | — | 20 | 21 | 22 | 22 |
| E 4 | 2 | 10 | 5 | 5 | 6 | 7 | — | — | 1 | 2 | 2 |
| C 20 | 2 | 10 | 10 | [12] | 13 | 13 | — | — | 2 | [10] | 10 |
| Prochinor | 2 | 10 | 3 | 5 | 5 | 5 | — | — | 5 | 5 | 5 |
| E 96 | 2 | 10 | 0 | 4 | 4 | | — | [11] | 11 | 11 | — |

ţinut mare de apă (>30%) dezemulsionanţii cei mai eficienţi sînt $E_4$ şi $C_{20}$ care au o comportare corespunzătoare la 30% conţinut în apă şi chiar mai bună la 50% conţinut în apă, comparativ cu dezemulsionantul E 96 considerat cel mai eficient din această categorie de substanţe sintetizate în ţară.

La un conţinut în apă mai scăzut a ţiţeiului (~10% apă) dezemulsionanţii sintetizaţi de noi se comportă mai bine la concentraţii mai mari (2 g/100 ml amestec sintetic), după cum reiese din tabelul 3.

Aceste concluzii sînt ilustrate şi în diagramele din figurile 1—4. La cantităţi mari de apă cea mai bună comportare o prezintă dezemulsionanţii sintetizaţi de noi $E_4$ şi respectiv

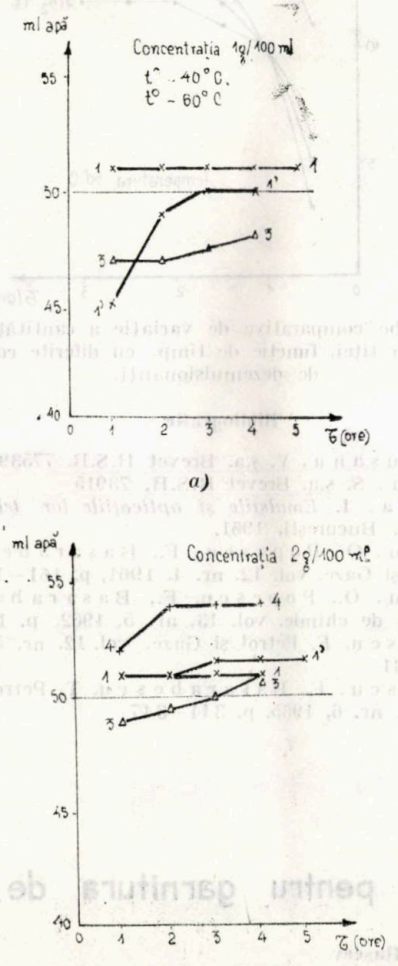



Fig. 1. Apa separată în timp pentru amestecul sintetic 50/50 cu diferiţi dezemulsionanţi şi temperaturi diferite :
1 ; 1′ – E ; 3 – Prochinor ; 4 – $C_{20}$

$C_{20}$—$C_{21}$ pentru concentraţii de 2 g dezemulsionant/100 ml amestec sintetic.

La cantităţi de apă în ţiţei de 30%, comportarea dezemulsionanţilor sintetizaţi este similară cu a produsului de import Prochinor, la concentraţii de 1g şi 2 g/100 ml (fig. 2). La o cantitate de apă în ţiţei de 10%, produsul sintetizat de noi $C_{20}$ este eficient în concentraţii mai mari, respectiv de 2g/100 ml amestec sintetic (fig. 3).

Produsul cationic $C_{21}$ prezintă, de asemenea, eficienţă sporită faţă de $STN_2$, la temperatura de 50°C (fig. 4).

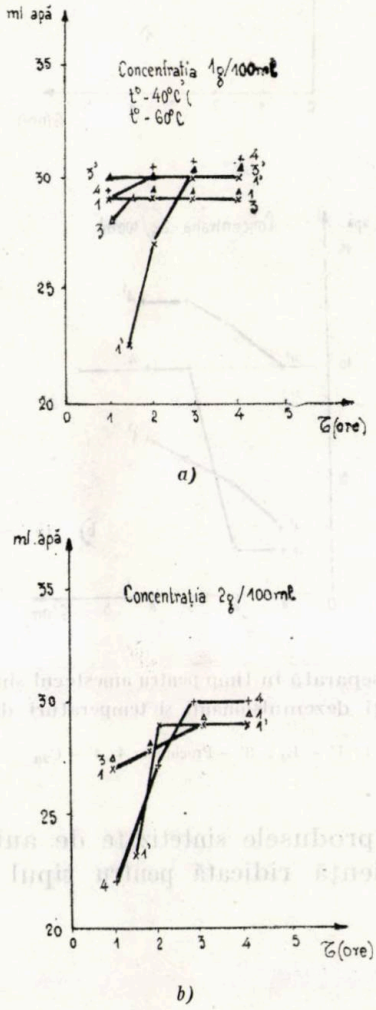



Fig. 2. Apa separată în timp pentru amestecul sintetic 70/30 cu diferiţi dezemulsionanţi şi temperaturi diferite :
1 ; 1′ – $E_4$ ; 3 ; 3′ – Prochinor ; 4 ; 4′ – $C_{20}$

În concluzie s-a realizat diversificarea produselor tensioactive cu caracter dezemulsionant şi valorificarea superioară a unor intermediari existenţi pe platformele industriale din ţară. Sintezele realizate nu ridică probleme deosebite din punctul de vedere al tehnologiei de producţie, iar costurile aferente sînt apropiate şi chiar mai scăzute decît cele realizate pentru produsele de eficienţă similară.

Încercările de laborator privind capacitatea de dezemulsionare a ţiţeiului au dus la con-

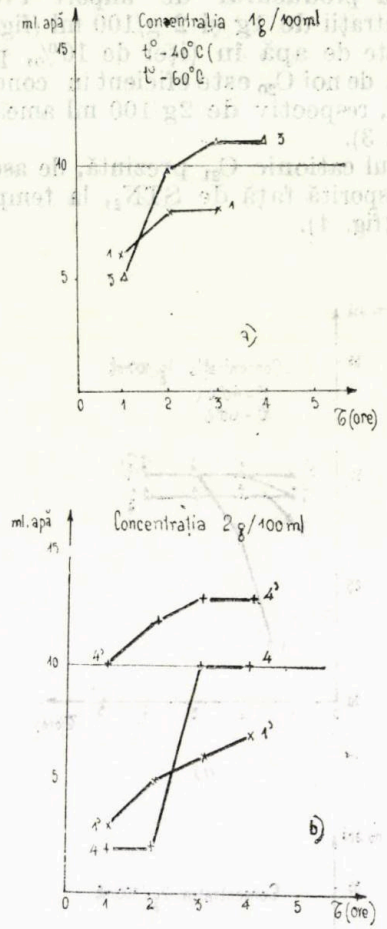



Fig. 3. Apa separată în timp pentru amestecul sintetic 90/10 cu diferiți dezemulsionanți și temperaturi diferite :

1; 1' – $E_4$; 3' – Prochinor; 4; 4' – $C_{20}$

cluzia că produsele sintetizate de autori prezintă eficiență ridicată pentru tipul de țiței studiat.

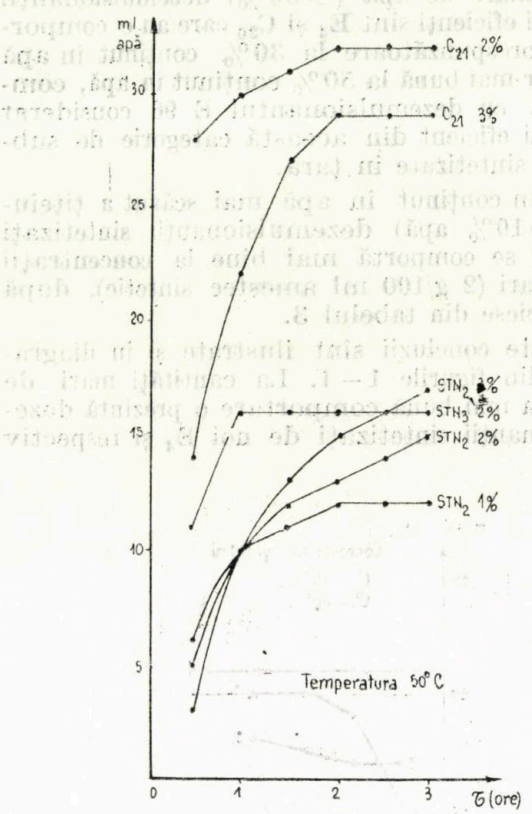



Fig. 4. Curbe comparative de variație a cantității de apă separată din țiței, funcție de timp, cu diferite concentrații de dezemulsionanți.

**Bibliografie**


[1] Părăușanu, V. ș.a. Brevet R.S.R. 77539
[2] Crețu, S. ș.a. Brevet R.S.R. 73915
[3] Ialina, I. *Emulsiile și aplicațiile lor tehnice*. Ed. tehnică, București, 1961.
[4] Voicu, O., Popescu, F., Basarabescu, T. Petrol și Gaze, vol. 12, nr. 4, 1961, p. 161–163
[5] Voicu, O., Popescu, F., Basarabescu, T. Revista de chimie, vol. 13, nr. 5, 1962, p. 146 – 152.
[6] Popescu, F. Petrol și Gaze, vol. 12, nr. 5, 1962 p. 226–231
[7] Popescu, F., Basarabescu, T. Petrol și Gaze vol. 16, nr. 6, 1965, p. 344–347


# Sarcina axială capabilă a îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj


Dr. ing. **V. Ulmanu**, dr. doc. ing. **D. Rașeev**
Institutul de petrol și gaze Ploiești


## I. Introducere

Îmbinările cu umăr ale garniturii de foraj sînt solicitate în timpul forajului rotativ sub acțiunea momentului de prestrîngere, a forței axiale de tracțiune, a momentului de torsiune transmis de masa rotativă și a momentelor încovoietoare, datorate, în principal, nerectilinității găurii de sondă.

Suprapunerea acestor solicitări în cepul filetat ridică, pentru practică, problema determinării sarcinii axiale capabile a îmbinării, în condițiile prestrîngerii cu momentul de înșurubare recomandat.

În lucrare prezentăm metodologia de determinare a sarcinii axiale disponibile a îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj, înșu-

rubate cu momentul recomandat, în condițiile forajului rotativ.

## II. Sistemul de forțe în îmbinarea cu umăr prestrînsă

Asamblarea cu prestrîngere a îmbinării cu umăr conduce la dezvoltarea unei forțe inițiale de pretensionare $F_0$, care solicită cepul la tracțiune și mufa la compresiune, avînd expresia [1; 4]:

$$F_0 = \frac{M_{ts}}{\frac{p}{2\pi} + \frac{d_m \cdot \mu}{2\cos\beta} + \frac{du}{2}\mu} = \frac{M_{ts}}{a} \qquad (1)$$

în care:

$M_{ts}$ este momentul de prestrîngere;
$d_u$ — diametrul mediu al umerilor îmbinării;
$d_m$ — diametrul mediu al filetului;
$p$ — pasul filetului;
$\mu$ — coeficientul de frecare;
$\beta$ — unghiul profilului filetului.

Sub acțiunea forței de prestrîngere $F_0$, cepul se alungește elastic cu valoarea $\Delta l_c$ (linia caracteristică I, fig. 1), iar mufa se comprimă elastic cu valoarea $\Delta l_m$ (linia caracteristică II, fig. 1), rezultînd triunghiul deformațiilor elastice ale cepului și mufei, prezentat în figura 1.

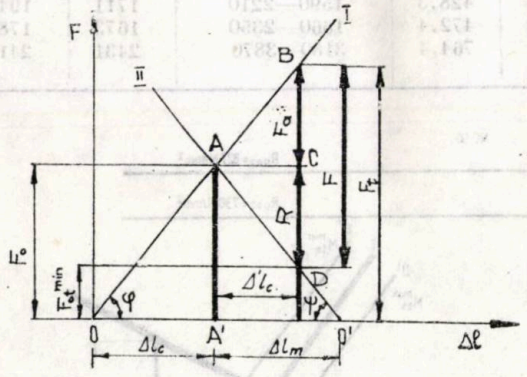



Fig. 1. Triunghiul deformațiilor elastice ale cepului și mufei

Deformațiile $\Delta l_c$ și $\Delta l_m$ sînt determinate de rigiditățile pieselor respective, care depind de forma cepului și mufei, fiind apreciate cantitativ prin coeficienții de rigiditate, [3; 4]:

$$c_c = \frac{\pi \cdot E \cdot d \cdot \operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}}{L_c - \frac{D_{bc}+d}{2\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}} \ln\frac{L_c - \frac{D_{bc}-d}{2\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}}}{L_c - \frac{D_{bc}-d}{2\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}}} - \ln\frac{D_{bc}+d}{D_{bc}-d}} \qquad (2)$$

$$c_m = \frac{\pi \cdot E \cdot D_e \cdot \operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}}{L_c + \frac{D_e+D_m}{2\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}} \ln\frac{L_c + \frac{D_e-D_m}{2\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}}}{L_c + \frac{D_e-D_m}{2\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}}} - \ln\frac{D_e+D_m}{D_e-D_m}} \qquad (3)$$

în care:

$c_c$, $c_m$ sînt coeficienții de rigiditate ai cepului și mufei;
$E$ — modulul de elasticitate;
$d$ — diametrul interior al îmbinării;
$D_e$ — diametrul exterior al îmbinării;
$L_c$ — lungimea cepului filetat;
$D_{bc}$ — diametrul bazei cepului;
$D_m$ — diametrul degajării filetului la fața frontală a mufei.

Relațiile (2) și (3) au fost deduse ținînd seama de rigiditatea variabilă a cepului și mufei în lungul axei filetului.

În cazul solicitării la tracțiune cu forța de exploatare $F$, cepul se alungește suplimentar cu valoarea $\Delta' l_c$ (fig. 1), fiind solicitat la întindere cu forța instantanee $F_t$, iar mufa se destinde elastic cu valoarea $R$, forța activă din mufă fiind $F_{ot}$. Interacțiunea de natură elastică dintre cep și mufă are ca efect faptul că forței inițiale de prestrîngere din cep i se adaugă numai o fracțiune, $F_a$, din sarcina de exploatare, avînd valoarea:

$$F_a = \frac{c_c}{c_c + c_m} F = k_0 F \qquad (4)$$

în care $k_0$ este denumit coeficient de sarcină. Valorile coeficientului de sarcină pentru îmbinările standardizate în STAS 835/1-80 și API Spec. 7, sînt prezentate în tabelul 1.

Din relația (4) se observă că cepul va fi cu atît mai favorabil solicitat, cu cît coeficientul său de rigiditate este mai mic, deci cu cît cepul este mai elastic.

Valoarea forței de exploatare la care se anulează pretensionarea (separarea umerilor îmbinării), $F_{t,max}$, este dată de relația [3]:

$$F_{t,max} = \frac{F_0}{1 - k_0} \qquad (5)$$

Pe baza considerațiilor teoretice de mai sus, în figurile 2 și 3 se prezintă, spre exemplificare, triunghiul deformațiilor elastice pentru îmbinările 4 1/2" REG și NC 50, luînd în considerație momentul mediu de înșurubare (linia II) și momentele minim și maxim (liniile II' și II'') recomandate în lucrările [1;6]. Pe dia-

*Tabelul 1*

**Caracteristicile geometrice şi de exploatare ale îmbinărilor cu umăr standardizate.**

| Tipul îmbinării | $k_0 = \frac{C_c}{C_c + C_m}$ | $a$, mm | $A_c$ în planul de măsură, mm² | $F_c$, kN | | $F_{ot}^{min}$, kN | $M_{ts}$, daN.m | $F_0 = \frac{M_{ts}}{a}$, kN | $F$, kN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $R_c$ = 827 N/mm² | $R_c$ = 730 N/mm² | | | | |
| NC 23 | 0,405 | 6,106 | 1691 | 1398 | 1234 | 77,3 | 339—373 | 583 | 850 |
| NC 26 | 0,395 | 6,920 | 1691 | 1397 | 1234 | 80,0 | 637—701 | 966 | 1465 |
| NC 31 | 0,335 | 8,120 | 2400 | 1985 | 1752 | 174,0 | 922—1014 | 1192 | 1531 |
| NC 35 | 0,336 | 8,826 | 3796 | 3140 | 2771 | 316,3 | 1207—1327 | 1436 | 1686 |
| NC 38 | 0,254 | 9,430 | 3153 | 2607 | 2302 | 234,0 | 1735—1909 | 1932 | 2276 |
| NC 40 | 0,350 | 10,043 | 5264 | 4353 | 3843 | 506,9 | 2047—2252 | 2140 | 2513 |
| NC 44 | 0,417 | 10,747 | 6700 | 5540 | 4891 | 518,6 | 2793—3072 | 2729 | 3792 |
| NC 46 | 0,341 | 11,270 | 4851 | 4010 | 3541 | 429,2 | 3145—3460 | 2930 | 3795 |
| NC 50 | 0,330 | 12,160 | 5000 | 4135 | 3650 | 470,5 | 4000—4400 | 3454 | 4453 |
| NC 56 | 0,381 | 13,536 | 11177 | 9237 | 8159 | 1527,0 | 5423—5966 | 4207 | 4329 |
| NC 61 | 0,347 | 15,040 | 14453 | 11952 | 10551 | 2743,0 | 7320—8054 | 5110 | 3625 |
| NC 70 | 0,401 | 16,816 | 19657 | 16256 | 14349 | 3121,3 | 10169—11186 | 6350 | 5390 |
| NC 77 | 0,385 | 18,517 | 24718 | 20440 | 18044 | 4848,8 | 14507—15958 | 8194 | 12534 |
| 2 3/8 REG | 0,489 | 6,200 | 2021 | 1670 | 1475 | 68,7 | 350—480 | 669 | 1176 |
| 2 7/8 REG | 0,414 | 7,000 | 2656 | 2196 | 1938 | 186,5 | 690—970 | 1815 | 1706 |
| 3 1/2 REG | 0,456 | 8,130 | 3754 | 3104 | 2740 | 189,8 | 970—1240 | 1359 | 2150 |
| 4 1/2 REG | 0,421 | 10,600 | 6522 | 5393 | 4761 | 373,6 | 1520—2070 | 1693 | 2280 |
| 5 1/2 REG | 0,451 | 12,500 | 9182 | 7593 | 6703 | 784,6 | 2630—3460 | 2436 | 3007 |
| 6 5/8 REG | 0,349 | 14,010 | 9629 | 7964 | 7029 | 1444,9 | 4150—4840 | 3208 | 2708 |
| 7 5/8 REG | 0,394 | 15,970 | 13613 | 11258 | 9937 | 2038,5 | 4150—4840 | 2814 | 4309 |
| 8 5/8 REG | 0,401 | 18,120 | 17078 | 14123 | 12467 | 2790,0 | 6220—7600 | 3813 | 5900 |
| 3 1/2 FH | 0,432 | 9,155 | 3557 | 2940 | 2596 | 194,4 | 760—1040 | 983 | 1389 |
| 4 FH | 0,288 | 9,700 | 3908 | 3225 | 2853 | 373,0 | 1240—1660 | 1495 | 1576 |
| 4 1/2 FH | 0,402 | 11,000 | 5245 | 4337 | 3835 | 447,6 | 1660—2350 | 1822 | 2300 |
| 5 1/2 FH | 0,329 | 13,330 | 6806 | 5623 | 4968 | 814,3 | 2760—3460 | 2333 | 2263 |
| 6 5/8 FH | 0,315 | 15,440 | 7791 | 6443 | 5680 | 1136,6 | 2630—3460 | 1977 | 1227 |
| 2 3/8 IF | 0,395 | 6,760 | 1746 | 1444 | 1279 | 81,0 | 350—480 | 614 | 880 |
| 2 7/8 IF | 0,334 | 7,950 | 2460 | 2034 | 1796 | 176,4 | 620—900 | 956 | 1170 |
| 3 1/2 IF | 0,327 | 9,270 | 3227 | 2668 | 2356 | 235,9 | 1110—1380 | 1343 | 1645 |
| 4 IF | 0,339 | 11,100 | 4946 | 4090 | 3610 | 428,3 | 1590—2210 | 1711 | 1940 |
| 4 1/2 IF | 0,328 | 11,980 | 5167 | 4273 | 3772 | 472,4 | 1660—2350 | 1673 | 1788 |
| 5 1/2 IF | 0,310 | 14,500 | 6939 | 5738 | 5065 | 764,4 | 3180—3870 | 2431 | 2416 |

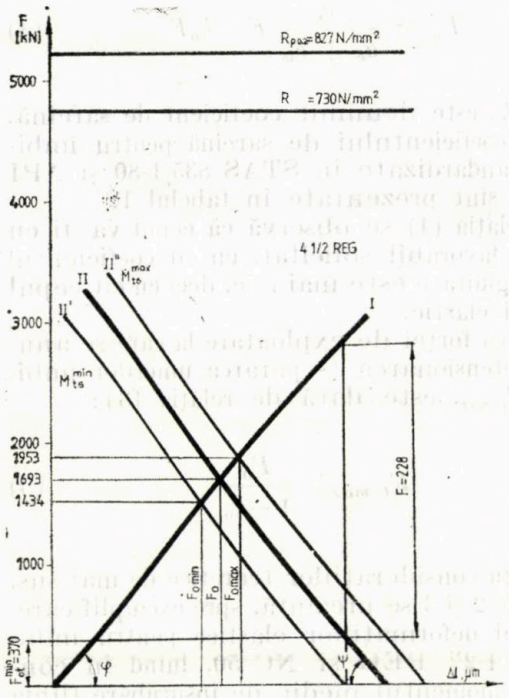



Fig. 2. Triunghiul deformaţiilor elastice pentru îmbinarea 4 1/2 REG.

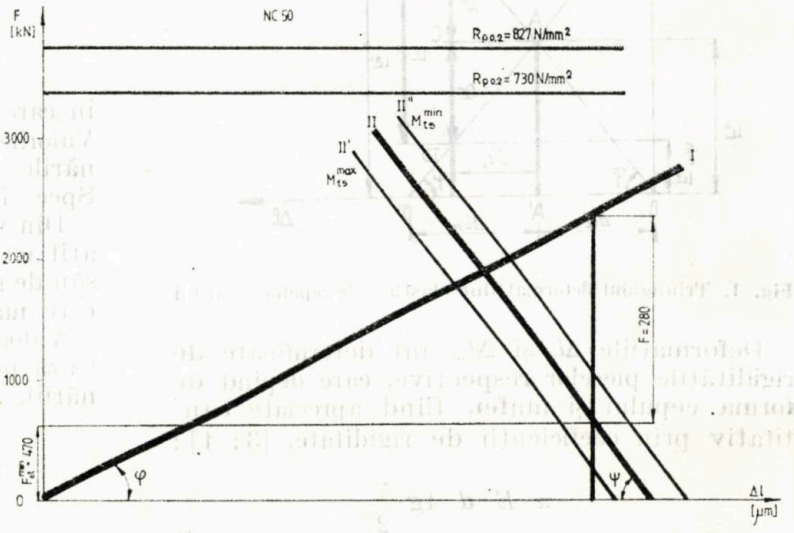



Fig. 3. Triunghiul deformaţiilor elastice pentru îmbinarea NC 50.

gramă se reprezintă şi valoarea forţei de curgere a racordului special determinată prin înmulţirea limitei de curgere recomandate pentru materialul racordurilor speciale, $R_c = 827$ N/mm² conf. API Spec. 7 ($R_m = 965$ N/mm²), cu aria

secțiunii transversale a cepului în dreptul primei spire angajate (tab. 1). În standardele românești se prevăd caracteristici mecanice inferioare recomandărilor API, și anume rezistența la rupere $R_m = 834$ N/mm², STAS 7570/1-76 „Racorduri speciale pentru sudare prin contact la prăjini de foraj clasele de rezistență D și E". De aceea, în figurile 2 și 3 se reprezintă și forțele la care survine curgerea, forțe determinate pe baza caracteristicilor de rezistență medii realizate actualmente la racordurile speciale românești, determinate de autori ($R_c = 730$ N/mm²).

### III. Determinarea sarcinii minime de pretensionare din condiția nedesfacerii umerilor datorită devierii găurilor de sondă

Încovoierea îmbinărilor cu umăr survine frecvent în timpul forajului datorită devierilor găurii de sondă sau pierderii stabilității garniturii avînd, datorită rotirii garniturii de foraj, un caracter dinamic.

Eforturile unitare de încovoiere produc comprimarea suplimentară a umerilor îmbinării la fibra comprimată, respectiv pierderea pretensionării la fibra întinsă.

În funcție de valoarea momentului încovoietor, se poate produce desfacerea umerilor îmbinării pe partea întinsă, ceea ce modifică esențial distribuția tensiunilor de încovoiere în îmbinarea filetată. Anularea pretensionării conduce la faptul că momentul încovoietor se transmite integral cepului, fără a mai interveni efectul favorabil al interacțiunii elastice dintre cep și mufă, conducînd la pierderea etanșeității și la reducerea rezistenței la oboseală a îmbinării.

Criteriul pentru determinarea forței momentane de pretensionare minime în exploatare ($F^{min}_{ot}$ în fig. 1) este asigurarea neseparării umerilor îmbinării sub acțiunea forței axiale și a solicitării la încovoiere în exploatare.

Pentru stabilirea valorii minime a momentului încovoietor din exploatare, datorită imposibilității determinării valorilor reale prin măsurători tensometrice în gaura de sondă, se folosesc datele măsurătorilor de deviație efectuate cu ocazia săpării fiecărei sonde.

Determinarea momentelor încovoietoare, care solicită garnitura de foraj ca efect al nerectilinității găurii de sondă, s-a efectuat pe baza considerării unghiurilor de deviere, a adîncimii și azimutului înclinării [7]. Pe baza exemplului de calcul prezentat în [7], admițînd într-o primă ipoteză că garnitura de foraj este echipată cu racorduri speciale 4 1/2 FH ($I \approx 2000$ cm⁴, momentul de inerție al racordului special) rezultă :

$$M_{i,\,max} = 8\,180 \text{ Nm}$$

$$M_{i,\,med} = 630 \text{ Nm}$$

O metodă simplificată pentru determinarea momentului încovoietor care solicită garnitura de foraj datorită devierii găurii de sondă are la bază relația care exprimă curbura unei bare $\rho$, în funcție de momentul încovoietor :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_i}{E \cdot I}. \tag{6}$$

Considerînd că în punctul $B$ (fig. 4) valoarea devierii este $\alpha$, rezultă că unghiul $\widehat{AOB} = \alpha$, obținînd :

$$L = R \cdot \alpha \tag{7}$$

în care $R$ este raza de curbură a garniturii, iar $L$ este lungimea cuprinsă între două măsurări de deviație, unghiul de deviere fiind $\alpha$.

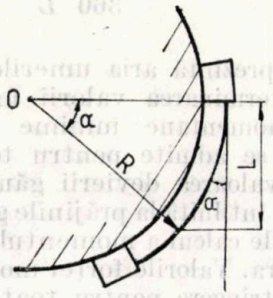



Fig. 4. Reprezentarea schematizată a garniturii de foraj în gaura de sondă deviată.

Introducînd expresia (7) în ecuația (6) și ținînd seama că devierea se exprimă uzual în °/L (uzual °/30,5 m), rezultă :

$$M_i = \frac{\alpha \pi E \cdot I}{180\ L} \tag{8}$$

Valorile devierii găurii de sondă sînt tratate în diferite lucrări [8; 9; 10]. Pentru prăjinile de foraj se recomandă uzual valori maxime admise de 3°...3,5 °/30,5 m, iar pentru prăjinile grele valori de 10 °/30,5 m, acceptînd valoarea 14°/30,5 m pentru determinarea momentului optim de înșurubare [11].

Considerînd valoarea admisibilă uzuală de 3,5 °/30,5 m, din formula (8) rezultă pentru un racord special 4 1/2-FH valoarea momentului încovoietor :

$$M_i = \frac{3{,}5 \cdot \pi \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 2000}{180 \cdot 3050} = 8\,410 \text{ N.m}$$

Se observă că ambele metode de estimare a valorii maxime a momentului încovoietor conduc la rezultate sensibil egale.

Prin raportarea momentului încovoietor la modulul de rezistență al îmbinării filetate $W$, se obține valoarea tensiunii maxime de încovoiere :

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W} = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot E \cdot D_e}{360\ L} \qquad (9)$$

în care $D_e$ este diametrul exterior al îmbinării. Prin egalarea tensiunii maxime de încovoiere cu tensiunea de compresiune dezvoltată pe umerii înbinării de forța de pretensiune, se determină forța de pretensionare minimă care să asigure nesepararea umerilor îmbinării :

$$\frac{F_{ot}^{min}}{A_u} = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot E \cdot D_e}{360\ L},$$

de unde :

$$F_{ot}^{min} = A_u \frac{\alpha \cdot \pi \cdot E \cdot D_e}{360\ L} \qquad (10)$$

în care $A_u$ reprezintă aria umerilor.

Pentru determinarea valorii forței de pretensionare momentane minime cu ajutorul relației (10), se admite pentru toate tipurile de îmbinări valoarea devierii găurii de sondă de 10°/30,5 m, întîlnită la prăjinile grele și acceptată ca bază de calcul a momentului de înșurubare a acestora. Valorile forței momentane minime de prestrîngere pentru toate tipurile de îmbinări se prezintă în tabelul 1, precum și în figurile 2 și 3 pentru îmbinările 4 1/2 REG și NC 50.

## IV. Determinarea sarcinii axiale disponibile în exploatare

Sarcina axială disponibilă după aplicarea momentului de prestrîngere recomandat corespunde valorii forței axiale de exploatare $F$, care conduce la atingerea forței minime de pretensionare $F_{ot}^{min}$, valoare sub care are loc desfacerea umerilor îmbinării sub acțiunea momentelor încovoietoare de exploatare. Grafic, se trasează în diagrama deformațiilor elastice ale cepului și mufei o orizontală corespunzătoare valorii minime admisibile a sarcinii momentane de pretensionare $F_{ot}^{min}$, iar sarcina axială disponibilă este reprezentată de segmentul $BD$ (fig. 1).

Pentru determinarea analitică a sarcinii axiale disponibile, pe baza figurii 1, rezultă :

$$F_{ot}^{min} + (1 - k_0)F = F_0 \qquad (11)$$

Înlocuind în relația (11) expresia (1), se obține :

$$F = \frac{M_{ts} - F_{ot}^{min}}{\frac{a}{1 - k_0}} \qquad (12)$$

Înlocuind în expresia (12) valorile momentelor de înșurubare recomandate [1 și 6] și valorile parantezei notate $a$ în relația (1), a coeficientului de sarcină $k_0$ și ale forței momentane minime de prestrîngere, se obțin valorile sarcinii axiale disponibile după înșurubarea cu momentul recomandat [1 și 6], prezentate în tabelul 1 pentru tipodimensiunile îmbinărilor cu umăr standardizate în STAS 835/1-80.

Spre exemplificare, în figura 2 se reprezintă determinarea sarcinii axiale disponibile pentru îmbinarea 4 1/2 REG.

Sarcina momentană minimă de pretensionare este de 370 kN, rezultînd 2 280 kN sarcina axială disponibilă fără pericolul desfacerii umerilor în exploatare. Se observă că față de forța la care survine curgerea, există o rezervă de circa 1 800 kN.

În figura 3 se reprezintă determinarea sarcinii axiale disponibile pentru îmbinarea NC 50.

Din relația (12) se observă că dependența dintre forța axială disponibilă și momentul de înșurubare este liniară, pe această bază construidu-se diagrama din figura 5 pentru îmbi-

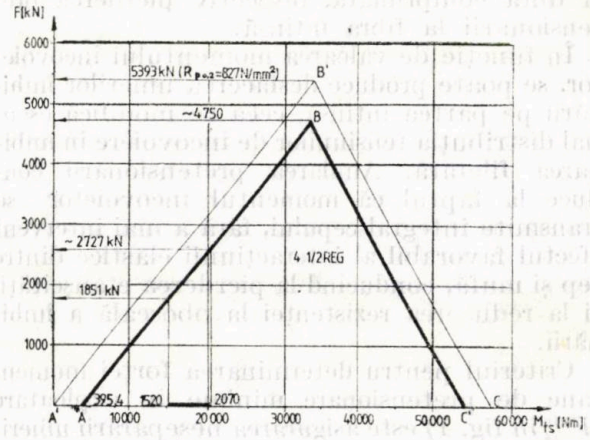



Fig. 5. Dependența dintre forța axială disponibilă și momentul de înșurubare.

narea 4 1/2—REG. Cu linie groasă se reprezintă dependența $F - M_{ts}$ exprimată de relația (12), iar cu linie subțire se reprezintă aceeași dependență pentru cazul cînd nu se ține seama de asigurarea forței minime de pretensionare în exploatare $F_{ot}^{min}$. La construirea diagramei se au în vedere următoarele aspecte.

**1.** Forței de pretensionare momentane minime, $F_{ot}^{min}$, îi corespunde un moment de înșurubare determinat cu relația (1), a cărui valoare reprezintă la scară segmentul $AA'$ pe axa momentelor de înșurubare.

**2.** Forța maximă admisibilă (provenită din prestrîngere, din forța axială de exploatare și din încovoiere) corespunde atingerii limitei de curgere a îmbinării (cepului).

**3.** După atingerea valorii maxime a forței axiale disponibile, odată cu creșterea momentu-

lui de înșurubare, sarcina axială disponibilă scade pînă la valoarea zero, corespunzător momentului de înșurubare care conduce la atingerea limitei de curgere în cep (corespunzător punctului $C$, $M_{ts} = 57\,160$ Nm).

Pe diagramă se reprezintă și forțele axiale disponibile după aplicarea momentelor maxime și minime de înșurubare recomandate.

Pentru exemplul din figura 5, forța axială disponibilă corespunzătoare momentului mediu de înșurubare recomandat reprezintă circa 42% din valoarea limitei de curgere.

În exploatare, pentru a stabili sarcina axială maximă admisibilă, este necesar să se aibă în vedere și rezistența prăjinii de foraj, care în unele cazuri poate fi inferioară valorii sarcinii axiale disponibile a racordurilor speciale.

## Concluzii

În lucrare s-a determinat sarcina axială disponibilă după aplicarea momentului de înșurubare recomandat pentru tipodimensiunile standardizate ale îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj. Forța de pretensionare minimă admisă se stabilește punînd condiția nedesfacerii umerilor îmbinării sub acțiunea unui moment încovoietor corespunzător unei devieri a găurii de sondă de 10 °/30,4 m.

Pentru rezolvarea unor probleme practice aplicative (determinarea sarcinii axiale capabile a îmbinării în condiții de exploatare) s-a construit triunghiul deformațiilor elastice al elementelor îmbinării pe baza unor relații originale de determinare a rigidității cepului și mufei, care țin seama de rigiditatea variabilă a acestora.

Sarcina axială disponibilă se determină că fiind sarcina de exploatare ce conduce la atingerea forței momentane de pretensionare minime admisibile.

Pe această bază s-au tabelat valorile sarcinii axiale disponibile pentru toate tipodimensiunile de îmbinări cu umăr standardizate, prezentîndu-se și modalitatea determinării grafice a dependenței moment de înșurubare —forță axială disponibilă.

### Bibliografie


[1] * * * Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits. API RP 7 G.

[2] Ulmanu, V. și Rașeev, D. *Analiza caracteristicilor constructive și funcționale ale îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj.* Mine, Petrol și Gaze, **32**, nr. 10, 1981, p. 482—490.

[3] Ulmanu, V. *Contribuții la studiul racordurilor speciale sudate pentru forajul de mare adîncime.* Teză de doctorat. Institutul de petrol și gaze, Ploiești, 1973.

[4] Ulmanu, V. și Rașeev, D. *Determinarea momentului optim de înșurubare a racordurilor speciale.* Studii și cercetări de mecanică aplicată. Tom. 35, nr. 1, 1976, p. 119—136.

[5] Mansholt, F. *Theoretische Überlegungen Über den Einsatzbereich von API — Tooljoints nach Überprufung der gebrauchlichen Berechnungsgrundlagen.* Erdoel-Z, 79 Jg. Sept. 1963, p. 388—395.

[6] Rădulescu, A. ș.a. *Carnet tehnic. Utilaj petrolier de foraj.* Ed. tehnică, București, 1975.

[7] Ulmanu, V. și Drăghici, Gh. *Solicitarea la încovoiere a garniturii de foraj în găuri deviate.* Mine, Petrol și Gaze, **28**, 1977, nr. 5.

[8] Lubinski, A. *Maximum Permissible Dog—Legs in Rotary Boreholes* J. of Petr. Techn., Feb. 1961.

[9] Brinegar, D. și Crews S. T. *Using Large Drill Collars Succesfully* J. of. Petr. Techn. Aug. 1970.

[10] Loy, S. E., True M. E., Weiner, P. D. *Methods help reduce Drill-Stem Failures.* World Oil, June 1975.

[11] Weiner, P. D., True, M. E. *Tests confirm Formula for Optimum Drill-Collar Make-up torque.* Oil and Gas Journal Nov. 19, 1973.


# Studiul optic al substanței organice din depozitele neogene ale promontoriului Bordei Verde cu privire specială asupra condițiilor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi

## II. Migrația secundară și formarea acumulărilor


Geol. N. Balteș
I.C.P.P.G. Cîmpina


### Introducere

Cumularea și interpretarea concomitentă a concluziilor parțiale privind rocile posibil generatoare, situația geologică actuală a zăcămintelor și conținutul palinologic al apelor de zăcămînt, conduc la concluzia generală că cea mai mare parte a principalelor acumulări sarmațiene (Plopu, Oprișenești, Bordei Verde) și meoțiene, în exclusivitate (precedentele + Lișcoteanca, Bertești, Stăncuța, Schei) au un caracter secundar, fiind formate prin captarea hidrocarburilor străine formațiunilor în care se află colectoarele, altfel spus, prin migrație. Se presupune că unele excepții ar putea aparține cîtorva acumulări sarmațiene la care să fi participat chiar secvențe generatoare din sarmațian.

Putîndu-se departaja astfel zăcămintele primare de cele secundare, se pune problema raporturilor ultimelor cu rocile-sursă din regiune, urmînd să se reconstituie apoi traseul (traseele) și etapele în care hidrocarburile au putut ajunge în colector și modul în care au format rezervoare.

Din rezultatele obținute în acest studiu ca și alte cunoștințe anterioare, a reieșit că principalele secvențe generatoare responsabile pentru acumulările din regiune revin badenianului superior și sarmațianului, preponderent pelitice, de proveniență carpatică, la care se pot adăuga, în proporții subordonate, depozite de aceeași vîrstă ale platformei, în special din depresiunea Movila Miresei.

Nu se exclude, pentru zăcămintele din nordul promontoriului, și o anumită participare generatoare cu gaze a meoțianului (Mine, Petrol și Gaze, nr. 6 1982).

### Migrația secundară și formarea zăcămintelor

Un element care facilitează descifrarea proceselor de migrație îl constituie urmărirea proprietăților fizico-chimice ale țițeiurilor. Chimic, oscilațiile între tipurile semiparafinos B(parafinic către naftenic) și neparafinos A (aromatic intermediar) sugerează îmbogățirea în rășini și asfaltene, specifică trecerii de la țițeiurile medii spre cele grele. Fenomenul este posibil de urmărit pe un traseu Plopu-Oprișenești-Bordei Verde (parțial)-Jugureanu-Padina-Colelia N cînd țițeiurile din meoțian au tendința de trecere de la cele parafinic-naftenice la cele aromatice intermediare, pentru a rămîne în această ultimă categorie, în structurile Bordei Verde (parțial), Lipănești, Bertești, Stăncuța.

Densitatea țițeiurilor separate din apele colectoarelor sarmato-meoțiene este în structurile Urziceni și Colelia N de 0,900—0,935 kgf/dm$^3$, la Brăgăreasa 0,925, Colelia S-Reviga 0,877, pentru ca la Jugureanu să ajungă la 0,850 kgf/dm$^3$ (Paraschiv, 1975). Dacă în sectorul de la vest de promontoriu densitățile scad dinspre vest spre est, în promontoriu acestea cresc de la nord spre sud. În structurile Plopu-Oprișenești ele sînt între 0,850—0,900 kgf/dm$^3$, la Bordei Verde 0,918 kgf/dm$^3$.

Din interpretarea de ansamblu a variației celor doi parametri luați în considerare, tipul chimic și densitatea țițeiurilor, se poate aprecia, potrivit principiului relației direct proporționale dintre durata migrației și creșterea densității țițeiurilor, în condiții hidrodinamice constante, că deplasarea țițeiului în promotoriu, a avut un singur sens, nord-sud, de la Plopu-Oprișenești pînă la Bordei Verde după care o rută pare să se desprindă spre vest, Jugureanu-Padina-Colelia N iar alta, în continuarea primei, spre sud, Lișcoteanca-Bertești-Stăncuța. Aceste considerații, evident prezumtive și idealizate, sînt completate cu numeroase date fizice și chimice, existente în documentațiile sondelor respective, iar cîteva teste ocazionale au arătat că, în esență, ele nu modifică ipotezele de mai sus.

Prelucrarea globală a tuturor datelor existente, referitoare la identificarea și corelarea rocilor-sursă, extinderea regională a lor și, în general, al faciesului organic în stadiile sale de maturizare, cadrul geologic regonal, distribuirea stratelor permeabile, faliilor și discontinuităților stratigrafice, sugerează o cale majoră de migrație în promontoriul Bordei Verde care începe din sectorul de curbură al Carpaților și se dezvoltă pe o direcție NV—SE, pe traseul Arbănași — V. Ratei-Ghergheasa-Plopu-Oprișenești de unde pare să se dividă :

1) pe un traseu secundar spre est și nord-est, țițeiul carpatic fiind probabil suplimentat cu hidrocarburi generate în sectorul Movila Miresei—Măzăreni, umplînd stratele efilate pe fundamentul platformic de la Brăila—Chișcani—Tichilești ;

2) pe un traseu în continuă scădere energetică, spre sud, determinînd acumulări la Bordei Verde și din ce în ce mai slabe și preponderent de gaze, la Lișcoteanca, Bertești și Stăncuța.

Nu se exclude posibilitatea ca o parte, cel puțin, din acumulările meoțiene de la Stăncuța și mai ales Schei, să fie influențate și de generatoarele din depresiunea situată imediat la nord. Conținutul organic din apele cu țiței deschise de sonda 74 Silistraru la meoțian și sarmațian confirmă rezultatele obținute prin analiza apelor din meoțianul și paleozoicul deschise de sonda 250 Stăncuța ca și de alte sonde vecine, aflate în situații similare.

Neanalizîndu-se ape de zăcămînt din jurasicul deschis de sonda 54 Schei, nu poate fi comentată această situație. Unele aprecieri care iau în considerație potențialul petroligen al altor formațiuni (silurianul, după Paraschiv, 1979) rămîn deocamdată acceptabile deși puțin probabile prin concluziile prezente care au demonstrat, cel puțin pentru unele secvențe prejurasice, incompatibilitate cu generarea hidrocarburilor.

Zăcămintele secundare de țiței din sectorul de la vest de promotoriu, Jugureanu—Padina—Colelia N etc., deși sînt mult tributare unui alt sistem de migrație (în curs de studiu în prezent, pînă la meridianul Urziceni—Ileana) par să fie influențate și de unele influxuri de hidrocarburi comune cu cele care au format acumulările de la Bordei Verde, avînd deci un traseu aproximativ cu cel amintit mai sus.

La toate considerațiile de mai sus este necesar să se adauge participarea, într-o măsură mai mare sau mai mică, a potențialului petroligen al paleogenului din avanfosă, sigur oligocen și problematic eocen, al cărui traseu nu

poate fi precizat pînă în momentul de față dar care nu poate fi mult diferit de cel al hidrocarburilor badenian-sarmațiene din aceeași unitate tectonică (Balteș, 1976, 1978).

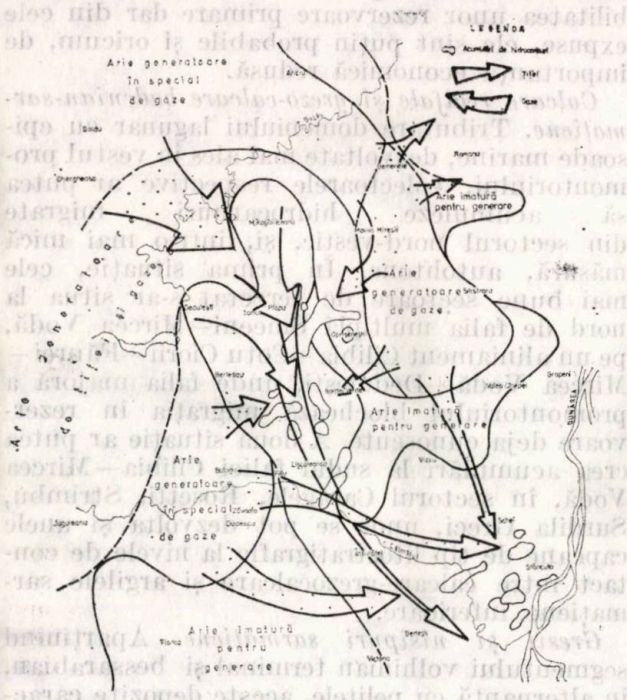



Fig. 1. Schița posibilelor direcții de migrație a hidrocarburilor spre colectoarele meoțiene din promontoriul Bordei Verde — Stăncuța.

În ansamblu și ținînd cont de repartiția spațială a colectoarelor meoțiene din promontoriu, poziția lor în general ridicată față de prezumtivele generatoare, migrația ascendentă pare să fi fost cea mai frecventă formă de umplere a capcanelor respective. Se pare că, în poziție coborîtă, rocile-sursă, chiar și cele modeste din depresiunea din estul promotoriului, și-au accentuat această poziție într-o lungă perioadă, posibil pînă în pliocen, necesară maturizării substanței organice și transformării ei în țiței. Acest decalaj, care poate atinge 2 500 m la nivelul sarmato-badenianului de la Ariciu față de cel de la Plopu și aproape 3 000 m față de cel de la Bertești, a constituit, fără îndoială, un potențial energetic important, resimțit din plin de structurile din nordul promotoriului și din ce în ce mai slab în sectoarele sudice ale acestuia, pe măsură ce, datorită distanței, energia inițială a scăzut (fig.1)

În acest sens se poate acredita ideea că, dacă la început migrația secundară a avut un sens ascendent evident, evoluția structurală ulterioară a promontoriului, respectiv distribuirea, calitatea și evoluția separată a capcanelor, au putut determina o eventuală diversitate a modului de migrație, dovadă multitudinea de aspecte pe care le îmbracă acumulările de hidrocarburi actuale, practic imposibil de catalogat într-un sistem uzual.

Un element care a determinat direct și decisiv migrația hidrocarburilor în promontoriu și care face ca, în prezent, în ciuda detectării la scară regională a unor parametri favorabili acumulărilor, rezultatele să fie de multe ori negative, aparține sistemului, numărului și amplitudinii faliilor. Datorită numeroaselor mișcări de verticală ale fundamentului cristalin și substratului paleozoic timpuriu, subsumate unei microplăci tectonice cu evoluție specifică (Paraschiv, 1981) ca și labilității sedimentelor în timpul și după încheierea fazei de litogeneză, cuvertura sedimentară neogenă a platformei a constituit obiectul unui activ proces de fracturare, dislocare și alunecare gravitațională spre nord-vest. Această etapă a activizat pe de o parte, apelul hidrocarburilor din zona depresionară de curbură spre colectoarele rămase în poziție ridicată pe creasta promontoriului, iar pe de alta, a creat un sistem specific de falii, care în combinație cu elemente lito-stratifigrafice favorabile, au determinat, într-un stil încă necunoscut pe deplin, acumulări de hidrocarburi. În această complexă rețea structo-genetică, fractura majoră Capidava—Ovidiu a jucat un rol deosebit de important. Ea a determinat, atît ridicarea promontoriului pe substratul său dobrogean, cît și compartimentarea estului platformei într-un sector extrem estic înalt, hipertrofiat geotermic și un sector la vest de creasta promontoriului, decompensat, de fapt o largă și mult timp neîntreruptă, arie de sedimentare.

Această falie de profunzime, care a făcut ca depozitele din baza ciclului neogen transgresiv să nu se mai poată depune în sudul promontoriului sau să prezinte grosimi din ce în ce mai mici (badenian-sarmațian-meoțian, parțial), a constituit, în același timp, și cea mai propice cale de penetrație și avans a hidrocarburilor dinspre nord spre sudul promontoriului. Afundîndu-se spre nord-vest ea nu a mai afectat în aceeași măsură depozitele miocene superioare și probabil deloc pe cele pliocene care astfel au putut constitui un orizont protector la adîncime (în special ponțianul inferior), permițînd migrația hidrocarburilor, mai frecvente pe măsură ce falia își face resimțită prezența spre sud. Alte falii de amplitudine mai redusă au afectat, desigur, acumularea hidrocarburilor în promontoriu, dar ele nu reprezintă decît detalii cu valoare locală, necesar de a fi însă depistate și localizate deoarece pot determina acumulări exploatabile de hidrocarburi.

Încercînd reconstituirea proceselor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din promontoriul Bordei Verde, se poate presupune că pe măsură ce aria estică a platformei tinde să alunece sub aria depresionară carpatică cu depozite generatoare oligocene și miocene ajunse

în faza de generare optimă, primele mai mult, secundele mai puțin, își încep migrația pe ruta deschisă de falia Capidava—Ovidiu. Trebuie menționat însă că intrarea în acțiune a faliei de mai sus, ca amorsă în declanșarea migrației spre promontoriu, s-a făcut numai cînd echilibrul sedimentologic dintre cele două domenii, platformic și carpatic, s-a stricat. Această fază critică a putut conduce și la formarea unor falii de flexură în cuprinsul depozitelor pliocene groase din frontul de contact al celor două mase sedimentare. Astfel de falii, în general orientate sud vest-nord est, au putut constitui ecrane și unele acumulări cum sînt cele determinate de faliile Boldu și Ghergheasa.

Potențialul petroligen al promontoriului, mai propice gazelor decît țițeiului, ar putea explica și preponderența unor astfel de acumulări, fără a se exclude însă din interpretări calitatea țițeiurilor în continuă scădere pe măsura extinderii migrației și care au cedat la un moment dat locul gazelor ca și unor condiții locale impuse de colector, structura și evoluția tectonică a zonelor de apel.

Interacțiunea dintre factorii generatori de hidrocarburi, complexitatea structo-genetică a regiunii și variabilitatea energiei cinetice a marilor corpuri structurale care au afectat promontoriul Bordei Verde, a determinat formarea de acumulări de hidrocarburi, în special în colectoarele meoțiene din sectoarele ridicate ale promontoriului prin acapararea în capcane tectonice sau lito-stratigrafice, a unor hidrocarburi badenian-sarmațiene, probabil și oligocene, de natură carpatică, din aria de la curbură. Subordonat au putut participa și roci-sursă (badenian)-sarmațiene de platformă. Migrația a fost determinată de falia majoră disjunctivă Capidava—Ovidiu și sistemul de fracturi secundare, paralele ei în sectorul promontoriului și perpendiculare la nord. Definitivarea acestui sistem în pliocen, argumentată prin numeroasele date de sondă și studii geologice complexe (Paraschiv, 1979, 1980, 1981), care declanșează și începutul migrației, sugerează implicit și timpul de desfășurare a acesteia, în post-meoțian, probabil în cuaternar, posibil și în prezent.

**Arii favorabile cercetării prin sonde a unor obiective de interes**

Cu toate că aria promontoriului este bine cercetată prin sonde, cunoștințele suplimentare obținute prin prezentul studiu asupra răspîndirii și calității rocilor posibil generatoare în raport cu poziția și proprietățile rocilor colectoare, relevă anumite situații geologice propice unor acumulări de hidrocarburi care se pot constitui în eventuale sectoare de interes pentru extinderea lucrărilor geologice în zona promontoriului Bordei Verde—Stăncuța, evident, sub rezerva condițiilor de capcană. Astfel de suprafețe sînt de regulă, acelea în care acțiunea generatoare a rocilor s-a putut face resimțită mai ales pe traseele de migrație spre diferitele zone de apel ale promontoriului. Din această apreciere nu se exclude posibilitatea unor rezervoare primare dar din cele expuse, ele sînt puțin probabile și oricum, de importanță economică redusă.

*Calcare recifale și grezo-calcare badenian-sarmațiene.* Tributare domeniului lagunar cu episoade marine, dezvoltate mai ales în vestul promontoriului, colectoarele respective ar putea să acumuleze hidrocarburi migrate din sectorul nord-vestic, și, într-o mai mică măsură, autohtone. În prima situație, cele mai bune sectoare de cercetat s-ar situa la nord de falia multiplă Smeeni—Mircea Vodă, pe un aliniament Cilibia—Cotu Ciorii—Făurei—Mircea Vodă+Deduleşti, unde falia majoră a promontoriului blochează migrația în rezervoare deja cunoscute. A doua situație ar putea crea acumulări la sudul faliei Cilibia—Mircea Vodă, în sectorul Caragele, Rosetti, Strîmbu, Surdila Greci, unde se pot dezvolta și unele capcane de tip litostratigrafic la nivele de contact între calcare-grezocalcare și argilele sarmațiene inferioare.

*Gresii și nisipuri sarmațiene.* Aparținînd segmentului volhinian terminal și bessarabian, în alternanță cu pelitele, aceste depozite caracterizează, prin frecvență și mai ales grosimi, domeniul tipic salmastru, localizat pe o arie care mărginește la vest sectorul cel mai ridicat al promontoriului. Aliniamentul probabil: Ariciu, Gemenele, Comăneasa, Silistraru (parțial).

*Nisipuri (și gresii) meoțiene.* Bine dezvoltate și de interes în toată zona promontoriului, aceste depozite constituie cele mai numeroase și importante zăcăminte cunoscute în regiune. Chiar în aceste condiții se apreciază că ele mai pot oferi acumulări exploatabile în următoarele sectoare:

— Pe o zonă la exteriorul ariei sarmațiene de mai sus, în strate efilate pe ridicarea estică a depresiunii Movila Miresei—Măzăreni, la Sihleanu, Romanu, Scorțarii Vechi, Silistraru (parțial)— Valea Cînepei.

— În extremitatea sudică a promontoriului unde contactul faliei majore a acestuia cu rețeaua de falii secundare mai poate determina acumulări. Sectoare de investigat: Victoria, Mihai Bravu, Stăncuța sud.

— În sectorul de impact al aliniamentului tectonic major Urziceni—Jugureanu—Zăvoaia cu falia Capidava—Ovidiu, la Zăvoaia, Batogu și Filiu.

— Sectorul la nord de R. Siret, în special Tudor Vladimirescu, unde pelitele meoțiene ar putea contribui la formarea unor acumulări „în loc".

*Nisipuri ponțiene și daciene.* Posibil să acumuleze hidrocarburi migrate acolo unde migra-

ţia mai are energia necesară iar colectoarele, roci de protecţie corespunzătoare. Sectorul cel mai propice din acest punct de vedere pare să fie cel care bordează aria depresionară Rîmnicu Sărat, pe un traseu Stănceşti, Jîrlău, Ciineni, Suţeşti, probabil Ariciu şi mai la nord.

## Concluzii

Cercetarea palinologică a apelor de zăcămînt din promontoriu a indicat, fără excepţie, prezenţa în asociaţiile respective a unei fracţiuni variabile calitativ şi cantitativ de tipuri de altă vîrstă decît a colectorului (alohtone), de cele mai multe ori mai vechi. Ele pot reprezenta, fie raporturi de contact între depozite diferite ca vîrstă, fie unităţi hidrochimice specifice cadrului structural-tectonic al acumulării, cît şi martori ai unei circulaţii active a fluidului hidrocarburic din generator în/spre colector.

Interpretarea separată, pe grupe stratigrafice, a acestor categorii ca şi determinarea potenţialului lor petroligen, evidenţiază raporturi strînse între acumulările neogene şi paleozoice din promontoriu, cu roci posibil generatoare badeniene, sarmaţiene şi limitat, meoţiene, de factură carpatică şi/sau platformică din alte sectoare decît ale acumulărilor respective.

Interdependenţa dintre factorii care au putut genera hidrocarburi, situaţia structo-genetică a promontoriului ca şi a întregii arii estice a platformei, tipurile, frecvenţa şi amplitudinea faliilor, calitatea, răspîndirea şi volumul colectoarelor lasă să se considere, în spiritul rezultatelor obţinute în acest studiu, că zăcămintele neogene şi paleozoice din promontoriu sînt secundare.

Principalele zăcăminte din promontoriu s-au format prin migraţie, cel puţin secundară, fiind tributare generatoarelor badeniene carpatice şi sarmaţiene carpatice şi platformice din nord vestul, nordul şi parţial estul promontoriului (depresiunea Movila Miresei). Nu se exclude participarea oligocenului generator din Avanfosa carpatică, cu reprezentanţi palinologici frecvent întîlniţi în apele meoţiene de zăcămînt.

Acumulările din paleozoic sînt provenite din meoţian prin contact direct sau indirect (în segmentul de alteraţie sau cu fisuri) al colectorului paleozoic cu meoţianul. Şi în aceste situaţii migraţia secundară s-a desfăşurat în acelaşi mod ca atunci cînd a umplut nisipurile meoţiene, cu deosebirea că, fie colectorul meoţian face corp comun cu zona de alteraţie superficială paleozoică (frecvent), fie că meoţianul nu mai este nisipos ci pelitic, funcţionînd ca ecran pentru hidrocarburile obligate să pătrundă pe fisuri sau chiar mici fracturi în aceeaşi zonă paleozoică (mai rar).

Falia majoră de profunzime Capidava—Ovidiu pare să fi jucat cel mai important rol în acceptarea hidrocarburilor din nord şi dirijarea lor activă pînă în sectorul Stăncuţa—Berteşti—Schei.

Falia complexă care contactează promontoriul pe aliniamentul Jugureanu—Batogu ca şi altele de valoare redusă, în general transversale pe direcţia promontoriului, au constituit ecrane de acumulare locală (Balta Albă, Suţeşti, Lişcoteanca, Însurăţei etc.).

Datorită poziţiei promontoriului, mai ridicată în sud şi în continuă afundare spre nord-vest, determinată probabil de alunecarea gravitaţională a unităţii tectonice, în care se afla, energia migraţiei scade considerabil dinspre nord spre sud, ca dealtfel şi calitatea şi cantitatea hidrocarburilor.

Apreciindu-se că migraţia secundară nu era posibilă decît în momentul cînd materia organică badenian-sarmaţiană atinge parametrii optimi de îngropare şi termicitate, este probabil ca declanşarea ei să se fi produs în pliocen. La această subscrie şi potenţialul generator, deşi slab, al meoţianului.

Odată declanşată, probabil cu debite considerabile de hidrocarburi, migraţia a putut avea şi perioade de stagnare impuse de acumularea în capcanele din nordul promontoriului, de epuizarea parţială a rocii-sursă sau de atenuarea provizorie a energiei de expulzare, interacţiunea simultană a tuturor acestor factori nefiind exclusă.

Regenerată de continua alunecare a promotoriului spre nord-vest, care determina producerea de noi hidrocarburi, migraţia spre sud a putut continua în etape, în tot cursul pliocenului, teoretic putîndu-se manifesta şi în prezent.

În ariile în care rocile-sursă sînt mai bine dezvoltate, existînd bune condiţii de rezervor şi un stil structural-tectonic corespunzător, există posibilitatea unor acumulări, recomandîndu-se în acest sens, mai multe sectoare şi obiective neogene de urmărit în continuare.

Studiul de faţă, reprezentînd doar o etapă obiectiv necesară în sporirea gradului de cunoaştere a condiţiilor în care s-au format zăcămintele de hidrocarburi în zona promontoriului Bordei Verde—Stăncuţa, lasă încă numeroase semne de întrebare, o parte din concluzii putînd constitui, încă de pe acum, puncte de plecare pentru noi obiective de cercetare în această regiune.

### Bibliografie

(selecţionată)


[1] Anton, S. *Condiţiile de geneză a hidrocarburilor din Pliocenul subcarpatic al Munteniei.* Petrol şi Gaze, nr. 9, 1973, p. 543—549.

[2] Asakawa, T., Fujita, Y., *Organic metamorphism and hydrocarbon generation in sedimentary basins of*

*Japan*. CCOP, Proc. Seminar. Gener. Matur. Hydroc. Sediment. Basins, Cambridge, 1979, p. 142—162.

[3] Baltes, N. *Considerații asupra relațiilor dintre gradul de metamorfism al materialului organic din apele primare de zăcământ și potențialul petroligen al stratului purtător*. Petrol și Gaze, nr. 12, 1973, p. 727—730.

[4] Baltes, N. *Observații preliminare privind conținutul microvegetal al unor ape de zăcământ din România*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 2, 1976, p. 91—95.

[5] Baltes, N. *Palinologia apelor de zăcământ din partea vestică a Platformei moesice*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 8, 1977, p. 364—369.

[6] Baltes, N. *Considerații palinologice privind geneza hidrocarburilor și unele roci-sursă din România*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 10, 1978, p. 476—485.

[7] Baltes, N. *Metamorphism of different types of organic matter from sedimentary rocks of Romania and their importance for oil generation*. Proc. 10-th World Petr. Congr. Bucharest, $PD_1$, 1979, p. 43—47.

[8] Baltes, N. *Substanța organică diseminată în rocile detritice și unele metode speciale de studiu ale acesteia*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 1—2, 1981, p. 68—77.

[9] Doebl, F. ș.a. *Diagenesis of Tertiary clayey sediments and included dispersed organic matter in relationship to geothermics in the Upper Rhine Graben*. Aproaches to Taphrogenesis, Schweiz. Verlagsbuchhd., Stuttgart, 1974, p. 197—207.

[10] Deroo G., Herbin, T. *Bilan de culminations de matière organique pétroligène dans le Crétacé de forages DSDP en Atlantique nord*. 26e Congr. Géol. Inst., Coll. $C_2$ — „Resources Enérgétiques", Paris, 1980, p. 327—334.

[11] Durand, B. *Kerogen*. TECHNIP, 1980, Paris, 474 p.

[12] Hedberg, H. *Geological aspects of the origin of petroleum*. BAAPG, 48, 1964, p. 1755—1803.

[13] Hood, A., Gutjahr, C. *Organic metamorphism and the generation of petroleum*. Ann. Meet. Geol. Soc. Am., Proc. Tusla (Okla), 1972, p. 29—38.

[14] Huc, A., Y. *Mise en evidence de provinces géochimiques dans les schistes bitumineux du Toarcien de l'Est du Bassin de Paris*. Rev. Inst. Fr. Petr., 31, 1976, p. 333—353.

[15] Laplante, R.E. *Hydrocarbon Generation in Gulf Coast Tertiary sediments*. BAAPG, nr. 8, 1974, p. 1281—1289.

[16] Milcoveanu, D. *Mecanism de migrare a petrolului în zăcământ secundar. Importanța prospecțiunilor magnetice*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 7, 1981, p. 347—354.

[17] Paraschiv, D. *Geologia zăcămintelor de hidrocarburi din România*, București, 1975, 363 p.

[18] Paraschiv, D. *Platforma moesică și zăcămintele ei de hidrocarburi*. 1979, Ed. Acad. R.S.R., 195 p.

[19] Paraschiv, D. *Evoluția structurală a zonei Schei*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 2, 1979, p. 99—103.

[20] Paraschiv, D. *Despre relația temperatură-timp în geneza, migrația, acumularea și conservarea hidrocarburilor*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 10, 1976, p. 438—444.

[21] Paraschiv, D. *Platforma moesică și zăcămintele ei de hidrocarburi*. Ed. Acad. R.S.R., 1979, 195 p.

[22] Paraschiv, D. *Evoluția structurală a zonei Schei* — Mine, Petrol și Gaze, nr. 2, 1979, p. 99—103.

[23] Paraschiv, D. *Structogenetic effects of the sliding processes in the Moesian Platform (Romania) and their economico-petroliferous implications*. Zbornik Radova, Proc., I, Zagreb, 1981, p. 287—294.

[24] Paraschiv, D., Bulgaru, G., Bucur, I. *Considerații asupra condițiilor de acumulare a hidrocarburilor din regiunea Berlești-Schei*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 4, 1977, p. 189—193.

[25] Paraschiv, D., Cristian, M. *Cu privire la regimul geotermic al unităților structurale de interes pentru hidrocarburi din România*. St. cerc. geol., geograf., Ser. geofiz., 14, nr. 1, 1976, p. 65—73.

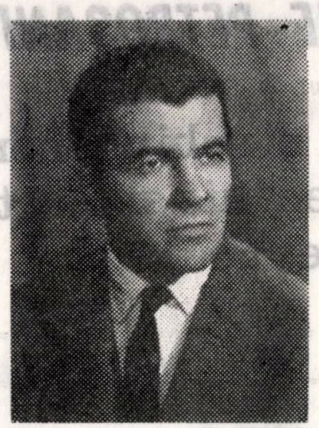
[26] Tissot, B., Polet, R., Roucaché, J., Combaz, A. *Origine et migration des hydrocarbures dans le Sahara oriental (Algérie)*. Advances in Organic Geochemistry, Ed. TEHNIP, Paris, 1973, p. 315—334.

[27] Tissot, B., Welte, H. *Petroleum formation and occurence, a new aproach to oil and gas exploration*. Springer Verlag, Berlin, e Heildelberg, New-York, 1978, 538 p.

[28] Vasilescu, E., Negoiță, F. *Stade actuel de la connaissance du néogène dans la zone nordique de la Plateforme Moesique*. Acta geol. Sc. Hung., 15, Budapest. 1971, p. 309—316.

[29] * * * *Symposium „Pétrographie organique et potentiel pétrolier"*, CNRS, Paris, 1975, 278 p.

[30] * * * *Symposium on thermal maturation of organic materials as related to hydrocarbon generation and migration*. 8-th Meet. Amer. Assoc. Stratigr. Palynol., Houston, (S.U.A.), 1975, 155 p.



# Inginer Eracle Miliţescu

La 22 mai 1982 s-a stins din viaţă Eracle Miliţescu, inginer de mine, care timp de aproape 40 de ani a depus întreaga sa capacitate de muncă şi competenţă profesională în slujba dezvoltării şi modernizării mineritului ţării. Meritele sale deosebite au fost recunoscute şi răsplătite de conducerea statului, acordîndu-i-se Ordinul Muncii şi Steaua Republicii Socialiste România.

S-a născut în Craiova la 12 iunie 1919. A absolvit liceul teoretic la Turnu Severin, în anul 1938, şi a urmat apoi cursurile Şcolii Politehnice din Timişoara, obţinînd în anul 1943 diploma de inginer de mine şi metalurgie, cu calificativul „excepţional".

După terminarea facultăţii, şi-a început activitatea în minerit, avînd o însemnată contribuţie la deschiderea şi punerea în valoare a unor zăcăminte de cărbune (Filipeştii de Pădure) şi de minereuri (Teliuc, Ghelar ş.a.).

În anul 1948, la numai 29 de ani, a fost numit director tehnic al Centralei minereurilor de fier-mangan, funcţie de deosebită importanţă şi mare responsabilitate în acea perioadă. A continuat să ocupe pînă în anul 1970 funcţii de director şi consilier în Ministerul Industriei Grele şi Ministerul Minelor, fiind apreciat pentru activitatea sa complexă, multilaterală.

A fost primul inginer minier trimis în străinătate ca director la o societate mixtă, unde a activat în perioada 1970—1977.

Reîntors în ţară a fost însărcinat de conducerea ministerului să coordoneze activitatea de proiectare a marilor obiective miniere pentru valorificarea cuprului din Banat şi Munţii Apuseni.

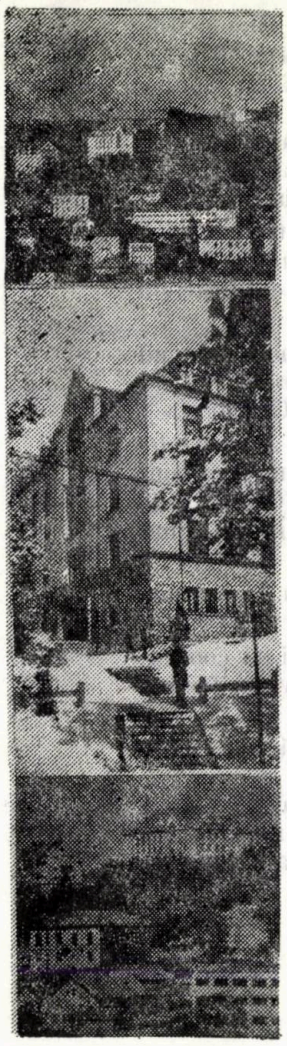
O boală grea i-a întrerupt şirul importantelor sale realizări în plină activitate creatoare.

Deplîngem pierderea inginerului Eracle Miliţescu, om de înaltă ţinută şi valoare profesională, care lasă un mare gol, greu de suportat pentru colegii care l-au preţuit şi pentru industria noastră minieră care mai avea nevoie de aportul său.

# INSTITUTUL DE MINE PETROŞANI

STRADA INSTITUTULUI nr. 20

## pregătește ingineri și subingineri în profilele mine, mecanic și electric prin următoarele facultăți:



### facultatea de mine

| Profil | Tip învățămînt | Durata | Specializarea |
|---|---|---|---|
| mine | ingineri, zi | 5 ani | mine* |
| mine | ingineri, seral | 6 ani | mine |
| mine | ingineri, zi | 5 ani | exploatări la zi |

* Din anul IV se poate opta pentru grupele de aprofundare :
- exploatări miniere
- topografie minieră
- prepararea substanțelor minerale utile

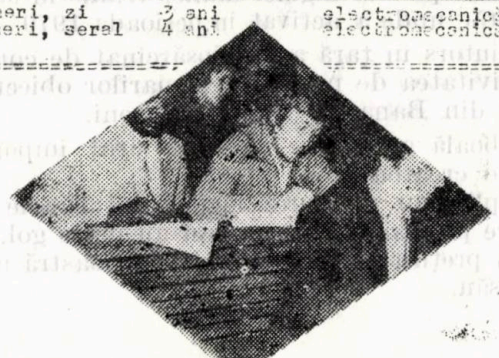
| | | | |
|---|---|---|---|
| mine | subingineri, zi | 3 ani | mine |
| mine | subingineri, zi | 3 ani | topografie minieră |
| mine | subingineri, zi | 3 ani | exploatări miniere la zi |
| mine | subingineri, seral | 4 ani | mine |

### facultatea de mașini și instalații miniere

| Profil | Tip învățămînt | Durata | Specializarea |
|---|---|---|---|
| mecanic | ingineri, zi | 5 ani | mașini și instalații miniere* |
| mecanic | ingineri, seral | 6 ani | mașini și instalații miniere |

* Din anul IV se poate opta pentru grupele de aprofundare :
- exploatarea, întreținerea și repararea mașinilor miniere
- construcții de mașini miniere
- electrificări și automatizări în industria minieră

| | | | |
|---|---|---|---|
| electric | subingineri, zi | 3 ani | electromecanică tehnologică |
| electric | subingineri, seral | 4 ani | electromecanică tehnologică |

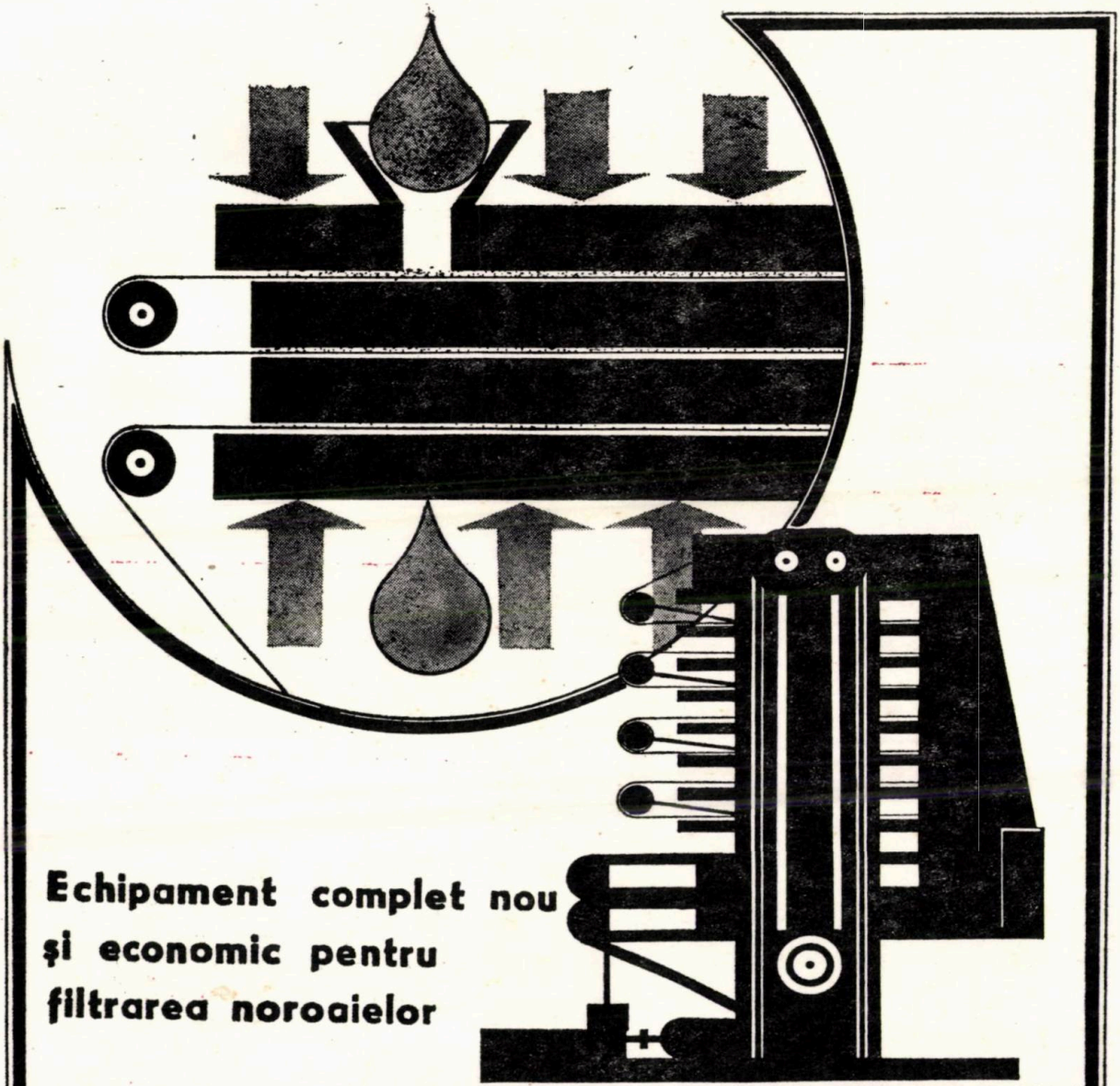


In Institutul de Mine Petroșani funcționează un atelier de cercetare-proiectare-microproducție, care execută, pentru industria minieră, lucrări de cercetare științifică și proiectare tehnologică, lucrări de strungărie, lăcătușerie și sudură.

Condițiile privind admiterea în cadrul institutului sînt cele prevăzute în broșura

ADMITEREA IN INVATAMINTUL SUPERIOR

Informații suplimentare la sediul institutului



**Echipament complet nou şi economic pentru filtrarea noroaielor**

# FILTRU-PRESA AUTOMAT CU CAMERE TIP FPAKM

Permite (în comparaţie cu filtrele-presă convenţionale cu camere şi cadre):

- creşterea productivităţii de 4 pînă la 15 ori pe suprafaţă filtrantă;
- obţinerea unui nivel scăzut de umiditate garantat a materialului

Caracteristici:

- suprafaţă filtrantă mare, comparativ cu suprafaţa utilă mică ocupată;
- consum redus de energie electrică;
- raport greutate/putere redus

Se livrează într-o gamă largă de suprafeţe filtrante (2,5—50 m²)
Un singur operator poate să deservească simultan pînă la 10 filtre presă

Domenii de utilizare:

- industriile: chimică, petrolieră, minieră, a uleiurilor, hidrometalurgică, ceramică, alimentară;
- filtrarea apelor reziduale industriale şi menajere

TECHMASHEXPORT
Moscova 117330, str. Mosfilmovskaia nr. 35, Telefon: 143-86-60; 143-87-51
Telex: 411068 TEHEX SU; 411228 TECEX SU

1982 NOV 30

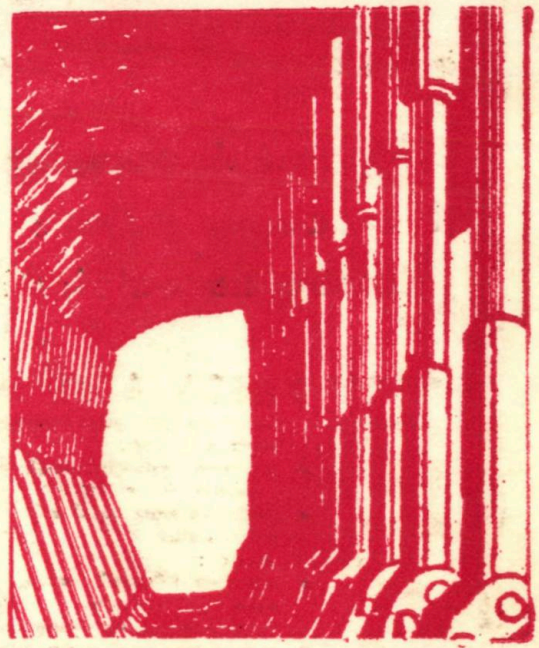
# INSTITUTUL DE CERCETARI SI PROIECTARI MINIERE PENTRU CARBUNE PETROSANI

ICPMC

studii şi proiecte de mecanizare şi automatizare a proceselor tehnologice specifice industriei carbonifere, precum şi proiecte pentru utilaje şi echipamente miniere.

**ÎNTOCMEŞTE**

STUDII SI PROIECTE TEHNOLOGICE, PRECUM SI DOCUMENTATII TEHNICO - ECONOMICE PENTRU OBIECTIVE DE INVESTITII PRIVIND EXPLOATAREA, PREPARAREA SI BRICHETAREA CARBUNILOR.



ICPMC PETROSANI
str. Mihai Viteazu nr. 3
cod 2675, jud. Hunedoara

SOCACIU P.

E 1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, octombrie 1982

10

# RESEARCH AND DESIGN INSTITUTE FOR OIL AND GAS - CÎMPINA

## carries out:

- GAS-CHROMATOGRAPHIC, POTENTIOMETRIC, SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS TO ETABLISH THE COMPLETE COMPOSITION OF FLUIDS PRODUCED IN THE HYDROCARBON FIELDS;
- PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS TO CHARACTERIZE THE SOLID ABSORBENTS (ACTIVE CARBON, MOLECULAR SIEVES, SILICA GEL) USED IN GAS CONDITIONING TECHNOLOGIES.

## elaborates technologies for:

- Gas treatment ($C_2$+hydrocarbons production, dehydrating, desulphuration) etc;
- Oil cleaning (removal of water and mechanical impurities);
- Rheologic caracteristics improvement of viscous and higher-frigeration oils for pipe-line transportation;
- Residual waters conditioning for technologic injection in oil and gas fields;
- Well treatment to control sand rush and water channelling;
- Production increase by alkaline and surfactant solutions injections;
- Reduction of hydrocarbon losses, light crude stabilization, production of oil from residues and residual water etc;
- Additives for the elaboration of drilling fluids and cement slurries utilised for drilling and cementing of oil and gas wells;
- Drilling fluids and cement slurries for offshore drilling;
- Drilling fluids with high thermical atability for drilling of deep and ultra deep wells;
- Drilling fluids for penetration of the productive horizon;
- Physicochemical analysis of the additives used to prepare the drilling fluids and cement slurries;
- Physicochemical analysis of the fluid loss of drilling fluids;
- Elaboration of the equipment for testing the rheologic and fluid loss properties of the drilling fluids, at high temperatures and pressures.

**ADRESS:**

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI PROIECTĂRI PENTRU PETROL ŞI GAZE - CÎMPINA, str. Culturii 29, tel. 31730, cod 2150

MINE, PETROL ŞI GAZE
ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI MINISTERULUI PETROLULUI
ANUL XXXIII
Nr. 10 1982

## CUPRINS

* * * **Petrolul românesc — trecut, prezent, perspective** 445

*iclea, Al.* **Contribuţia Institutului de cercetări şi proiectări miniere pentru cărbune Petroşani la modernizarea tehnologiilor de extracţie şi preparare a huilei din Valea Jiului** 451

*eţu, N. şi Popescu, Gh.* **Posibilităţi de înlăturare a exploziilor necomandate provocate de smulgerea reoforilor la capsele detonante electrice** 453

*heil, O.* **Realizări în tehnologiile de valorificare a produselor cu conţinut redus în aur** 460

*lexe, I., Dimofte, C., Popescu Rodica, Rusu Elena şi Niculescu, V.* **Observaţii geologice în versantul nordic al Munţilor Vîlcan între Valea Braia şi Valea Morişoara** 469

*opa, C. Gh.* **O nouă metodă de proiectare a exploatării zăcămintelor de ţiţei în regim mixt** 477

*rigore, V.* **Metodă de calcul pentru determinarea gradientului de presiune în curgerea amestecurilor bifazice în coloana ţevilor de extracţie a sondelor eruptive** 483

*opa, V. M.* **Combaterea coroziunii fisurante a unor oţeluri de prăjină în medii acide în prezenţa sau absenţa hidrogenului sulfurat** 489

**COLEGIUL DE REDACŢIE**

ing. **VASILE SCRIPAŢ,** preşedinte ; dr. ing. **GHEORGHE ALDEA** ; ing. **ŞTEFAN BENEA** ; dr. geol. **IOSIF BERCIA;** ing. **TEODOR BORU;** dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU;** ing. **VIRGIL FĂTU;** dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ** ; dr. ing. **FLOREA NEAGU;** ing. **NICOLAE PANTILIE;** **ELENA VRÂNCEANU,** redactor.

## REZUMATE

* * * *Petrolul românesc—trecut, prezent, perspective*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 65.011.54 : 622.333 : 622.7

M i c l e a, Al. *Contribuţia Institutului de cercetări şi proiectări miniere pentru cărbune Petroşani la modernizarea tehnologiilor de extracţie şi preparare a huilei din Valea Jiului*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 622.235.41 : 622.235.5

L e ţ u, N. şi P o p e s c u, Gh. *Posibilităţi de înlăturare a exploziilor necomandate provocate de smulgerea reoforilor capselor detonante electrice*

Autorii redau rezultatul cercetărilor efectuate asupra principalilor factori care influenţează smulgerea reoforilor prin eforturi mecanice şi modalităţile de aplicare, în procesul fabricării, a celor mai eficiente soluţii care să conducă la înlăturarea exploziilor necomandate, în condiţii de economicitate şi siguranţă mare în exploatare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 658.272 : 622.341.1

K h e i l, O. *Realizări în tehnologiile de valorificare a produselor cu conţinut redus de aur*

După o trecere în revistă a principalelor realizări în domeniul tehnologiilor de extragere a aurului pe plan mondial, sînt prezentate rezultatele obţinute în ţara noastră privind tehnologiile de concentrare a aurului din materialele cu conţinut redus, utilizînd ca principale procedee amalgamarea şi flotaţia.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 65.012.12.551.7.65.012.23

A l e x e, I. ş.a. *Observaţii geologice în versantul nordic al Munţilor Vîlcan între Valea Braia şi Valea Morişoara*

Se prezintă rezultatele cercetărilor asupra cristalinului din versantul nordic al Munţilor Vîlcan (între Lupeni şi Vulcan) cu precizarea structurii geologice şi a caracteristicilor mineralogo-petrografice a formaţiunilor studiate, precum şi evaluarea potenţialului geologo-minier.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 658.572.2 : 622.276

P o p a, C. Gh. *O nouă metodă de proiectare a exploatării zăcămintelor de ţiţei în regim mixt*

Autorul analizează o metodă de proiectare a exploatării zăcămintelor de ţiţei cu acvifer parţial activ care prezintă o serie de avantaje : este uşor rezolvabilă cu ajutorul calculatoarelor electronice, ia în considerarţie, atît dinamica debitului de apă pătruns în acvifer, în zona productivă, cît şi dinamica debitului de apă pătruns prin sondele de extracţie, permite stabilirea unor parametri caracteristici ai acviferului pe baza analizei performanţelor zăcămintelor de ţiţei cu istoric în exploatare

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 622.276 : 531.76787

G r i g o r e, V. *Metodă de calcul pentru determinarea gradientului de presiune la curgerea amestecurilor bifazice în coloana ţevilor de extracţie la sondele eruptive*

Se prezintă o metodă îmbunătăţită de calcul pentru determinarea gradientului de presiune la curgerea amestecurilor bifazice în coloana ţevilor de extracţie a sondelor eruptive, bazată pe o nouă corelaţie a factorului de frecare în care raţia gaze-lichid a fost folosită ca un parametru adiţional de corelare. Gradienţii evaluaţi cu ajutorul acestei metode permit să se construiască curbe de variaţie a presiunii în lungul coloanelor de extracţie foarte apropiate de cele reale, construite prin măsurători directe la sondă, pentru o gamă largă de valori a debitului de lichid şi raţiilor gaze-ţiţei.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 620.193.669.14

P o p a, V. M. *Combaterea coroziunii fisurante a unor oţeluri de prăjină în medii acide în prezenţa sau absenţa hidrogenului sulfurat*

Se analizează procesul de fracturare a oţelurilor de prăjină tip E, G—105 şi S—135 în mediu acid clorhidric sau acid acetic, în prezenţa sau absenţa hidrogenului sulfurat, cu ajutorul inhibitorului ACOR—22, scoţînd în evidenţă eficienţa inhibitorului în mediul coroziv saturat cu hidrogen sulfurat.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

# СОДЕРЖАНИЕ


* * * *Румынская нефть — прошлое, настоящее и будущее*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

Микля, Ал. *Вклад горно-исследовательского и проектного института-Петрошань в модернизацию технологий по добыче и обогащению каменного угля бассейна Валя Жиулуй*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

Лецу, Н. и Попеску, Г. *О возможностях устранения неуправляемых взрывов, вызываемых вырыванием реофоров электрических капсулей-детонаторов*

Авторы представляют обобщение проведенных результатов на главных факторов, повлияющих на вырывание реофоров механическими усилиями и возможности применения в процессе производства, наиболее эффективных решений, которые ведут к устранению неуправляемых взрывов в условиях большей экономичности и эффективности в разработке.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

C.Z. 658.272 : 622.341.1

Кайл, О. *Достижения в области технологий использования продуктов с низким содержанием золота*

После представления краткого обзора основных мировых достижений в области технологий извлечения золота, автор представляет полученные в С.Р. Румынии результаты при амальгамации и флотации продуктов с низким содержанием золота.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

Алексе Т. идр. *Геологические исследования, проведенные на северном склоне хребта Вылча между Валя Брая и Валя Моришиара.*

Представлены результаты, проведенных на северном склоне хребта Вылкан исследований (между Лупень и Вулкан) с уточнением геологической структуры и минералогическо-петрографических характеристик исследованных образований, а также оценка горно-геологического потенциала.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

Попа, К. Г. *О новом методе по проектированию и разработке нефтяных месторождений во смешанном режиме*

Автор изуачет новый метод по проектированию и разработке нефтяных месторождений с частично активной добавкой, который имеет следующие преимущества: решается легко с помощью электронно-вычислительных машин, имеет ввиду как динамика водяного дебита, проникнутого в водоносный горизонт, в продуктовной зоне, так и динамика водяного дебита, проникнутого через добывающие свкажины, решает установить некоторые характерные параметры этого водоносного горизонта на основе анализа. достижений нефтяных месторождений, имеющих свою историю в разработке.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

Григоре, В. *Расчетный метод для определения градиента давления при течении двухфазных смесей в колонне экстракционных труб на эруптивных скв жинах*

Представлен усовершенствованный расчетный мет в целях определения градиента давения при течен двухфазных смесей в колонне экстракционных тр на эруптивных скважинах, основанный на новой ко реляции фактора трения, при которой доля газ-жи кость была использована в качестве прилегающего параметра корреляции. Градиенты, расчитанные помощью этого метода позволяют строить переводн кривые давления вдоль экстрационных колонн, оче близкие к действительным колоннам, построенн непосредственными измерениями на скважине, д широкого диапазона величины дебита жидкости доли газ-нефть.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19

---

Попа, В. М. *Борьба против сквозной коррозии к которых типов стали для буровых штанг в кислотн средах в присутствии или отсутствии сероводород*

Анализируется процесс трещиноватости сталей д буровых штанг типа Е, Г—105 и С—135 в сол ной или уксусной кислотах с помощью ингибито АКОР—22, выделив эффективность ингибитора в к розионной, насыщенной сероводородой среде.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19


# CONTENTS


* * * *Romanian oil — past, present, prospects.*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19

---

C.Z. 65.011.54 : 622.333 : 622.7

Miclea, Al. *The contribution of the Mining Research an Design Institute for Coal, Petroşani, to the modernizatio of black coal mining and preparation in Jiu Valley*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19

---

C.Z. 622.235.41 : 622.235.5

Leţu, N. and Popescu, Gh. *Possibilities to prevent un controlled explosions caused by wire tearing of the electric blasting cap systems*

The authors present the results of the research work ca ried out with respect to the main factors which influence th tearing out of the blasting cap wires under mechanical loa and the most efficient steps to be taken during the manufa turing process in order to prevent uncontrolled explosion under economical and safety conditions.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19

---

C.Z. 658.272 : 622.341.1

Kheil, O. *Turning to good account low gold content materia*

After a review of the main achievements into the field gold recovery technologies throughout the world, inlan results regarding the gold concentration technologies b amalgamation and flotation methods applied in the case low gold content materials are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19

---

C.Z. 65.012.12 : 551.7 : 65.012.23

Alexe, I. et al. *Geological surveys on the northern slope o the Vilcan Mountains between Braia Valley and Mori şoara Valley*

The authors present the investigations carried out o the Crystalline base of the northern slope of the Vilcan Moun tains (between Lupeni and Vulcan), indicating the geologi cal structure and the mineralogical and petrographical cha racteristics of the studied formations including an evalua tion of the geological and mining reserves.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19

C.Z. 698.512.2 : 622.276

Popa, C. Gh. *New design method for oil fields developments of combined drive type*

A new design method is presented for oil fields developments, with partially active water-bearing structures, underlining some of its advantages : easy application by means of computers, taking into account the water flow penetration dynamics in the producing area, as well as the dynamics of the water flow pervaded through the production wells ; assessment of specific parameters for the aquiferous structures based on the performance analysis of oilfields with well established history.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

C.Z. 622.276 : 531.76/787

Grigore, V. *Calculation method for the assessment of the pressure gradient of binary mixtures flowing in the production string in flowing wells*

Based upon a new correlation of the friction factor, in which the gas-liquid ratio was used as an additional correlating factor, an improved calculation method for the assessment of the pressure gradient of binary mixtures flowing in the production string in flowing wells is presented. The gradients assessed by means of this method allow the plotting of pressure variation lines which are very close to the real ones, determined by direct well measurement, for a wide range of liquid flow and gas-oil ratio values.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

C.Z. 620.193 : 669.14

Popa, V. M. *Cracking corrosion control of drill pipe stteels in acid media in the presence or in absence of hydrogen sulphide*

The cracking process of drill pipe steels of E.G. – 105 and S – 135 types, in hydrochloric and acetic acid media, in the presence or in absence of hydrogen sulphide, by means of ACOR – 22 type corrosion inhibitor is analysed, pointing out the efficiency of the inhibitor in hydrogen sulphide saturated media

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

## SOMMAIRE


* * * *La pétrole roumain — passé, situation actuelle, perspectives*

Mine, Petrol şi Gaze, vol 33. nr. 10, 1982

C.Z. 65.011.54 : 622.333 : 622.7

Miclea, Al. *La contribution de l'Institut de Recherches et Projections Minières pour le Charbon de Petroşani à la modernisation des technologies d'extraction et de préparation du charbon mineral dans la Vallée de Jiu.*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 622.235.41 : 622.235.5

Leţu, N. et Popescu, Gh. *Possibilités de supprimer les explosions non-controlées provoquées par l'arrachement des rhéophores des amorces électriques*

Les auteurs présentent les recherches effectuées sur les principaux facteurs influençant l'arrachement des rhéophores par les efforts mécaniques et les manières d'application, hans le processus de fabrication, des solutions les plus efficientes à même de conduire à la suppression des explosions non-controlées en conditions d'économie et de grande sûreté dans l'exploitation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr, 10, 1982

C.Z. 658.272 : 622.341.1

Kheil, O. *Réalisations dans les technologies de valorisaton des matériaux à teneur reduite en or*

Après le passage en revue des principaux réalisations dans le domaine des technologies de l'extraction de l'or sur le plan mondial, sont présentés les résultats obtenus dans notre pays en ce qui concerne les technologies de la concentration de l'or des matériaux à teneur reduite, en utilisant en tant que procédés principaux l'amalgamation et la flottation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

C.Z. 65.012.12 : 551.7 : 65.012.23

Alexe, I. et al. *Observations géologiques dans le versant septentrional des monts Vilcan entre les vallées Braia et Morişoara*

On présente les résultats des recherches sur le cristallin du versant septentrional des monts Vilcan (entre Lupeni et Vulcan), tout en précisant la structure géologique et les caractéristiques minéralogo-pétrographiques des formations étudiées, ainsi que l'estimation du potentiel géologo-minier.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

C.Z. 698.512 2 : 622.276

Popa, C. Gh. *Une nouvelle méthode de projection de l'exploitation des gisements de pétrole en régime mixte*

L'auteur fait l'analyse d'une méthode de projection de l'exploitation pour les gisements de pétrole à l'aquifer partielement actif, qui présente une série d'avantages : elle est facile à résoudre à l'aide des calculatrices électroniques, envisage autant la dynamique du débit de l'eau pénétrée par les sondes d'extraction, permet d'établir certains paramètres caractéristiques de l'aquifer sur la base de l'analyse des performances des gisements de pétrole.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

C.Z. 622.276 : 531.76/787

Grigore, V. *Méthode de calcul pour déterminer le gradient de pression à l'écoulement des mélanges biphasiques dans la colonnes des tuyaux d'extraction chez les sondes éruptives*

On présente une méthode améliorée de calcul pour déterminer le gradient de pression à l'écoulement des mélanges biphasiques dans la colonne des tuyaux d'extraction des sondes éruptives, fondée sur une nouvelle corrélation du facteur de friction dans laquelle la relation gaz-liquide a été employée en tant que paramètre additionnel de corrélation. Les gradients estimés à l'aide de cette méthode permettent la construction de courbes de variation de la pression, le long des colonnes d'extraction bien rapprochées de celles réelles, édifiées par des mesurages directs à la sonde, pour une gamme large de valeurs du débit de liquide et des rations gaz-pétrole.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

---

C.Z. 620.193 : 669.14

Popa, V. M. *Le combat contre la corosion fissurante de certains aciers de perche en milieux acides en présence ou absence de l'hydrogène sulfuré*

On fait l'analyse du processus de fracture des aciers de perche type E, G – 105 et S – 135 en milieu acide clorhydrique ou acide acétique, en présence ou absence de l'hydrogène sulfuré, à l'aide de l'inhibiteur ACOR – 22, en soulignant l'efficience de l'inhibiteur dans le milieu corosif saturé à l'hydrogène sulfuré.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

# INHALT


* * * *Rumänischer Öl Vergangenheit, heutiger Stand und Perspektiven*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10. 1982

C.Z. 622.363 : 553.63

Miclea, Al. *Die Beitragung des Bergbauforschungs-und Projektierungs institutes für Kohle von Petroşani zur Modernisierung der Abbau-und Aufbereitungstechnologien der Steinkohle in Jiu Tal.*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 622.235.41 : 622.235.5

Leţu, N. und Popescu, Gh. *Möglichkeiten für die Vermeidung von ungesteuerten Explosionen die durch das Abziehen der Sprengkapseldrähte verursacht werden*

Die Verfasser stellen die Ergebnisse einiger Forschungen über die Hauptfaktoren dar, welche das Anziehen der Drähte durch mechanischen Beanspruchungen beeinflüssen und die Anwendung, während des Herstellungsprozesses, der best wirkenden Lösungen, die zur Vermeidung der ungesteuerten Explosionen, unter Wirtschaftlichkeits – und Betriebsicherheitsbedingungen, führen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 658.272 : 622.341.1

Kheil, O. *Leistungen nach der Anwendung der Technologien für die Verwertung der geringwertigen Goldhaltigestoffen*

Nach einem Überblick der allgemeine Leistungen im Gebiet der Gewinnungstechnologien des Golds auf Weltebene, die Ergebnisse ausgeführt in unsere Land hinsichtlich die Amalgamierungs- und Flotationsverfahren der geringwertigen Goldhaltigestoffen sind vorgelegt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 1982

C.Z. 65.012.12 : 551.7 : 012.23

Alexe, I. u.a. *Geologische Beobachtungen in dem nordischen Abhang der Vîlcan Berge zwischen Braia Tal und Morişoara Tal*

Die Ergebnisse der Beobachtungen über das Kristallin in dem nordischen Abhang der Vîlcan Berge (zwischen Lupeni und Vîlcan) mit Angabe der geologischen Strucktur und der mineralogischen und petrographischen Eigenschaften des studierten Gesteins, sowie die Schätzung der geologischen und bergbaulichen Vorräte.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10 1982

C.Z. 698.512.2 : 622.276

Popa, C. Gh. *Neue Projektierungsmethode der Ausbeutur der Ölfelder mit kombiniertem Trieb*

Der Verfasser überprüft eine neue Projektierungsmeho für die Ausbeutung der Ölfelder mit teilweise aktivem wa serführenden Gestein. Die Vorteile dieser Methode sin einfache Lösungen mit Hilfe der elektronischen Rechne Inbetrachtnahme der Dynamik des in dem wasserführend Gestein eingedrungenen Wasserdurchflusses, als auch d Dynamik des durch die Förderbohrung eingedrungen Wasserdurchflusses und die Festlegung einiger charakteri tischen Parameter des wassarführenden Gesteins, auf Grun lage der Überprüfung der Leistungen von Ölfeldern mit g bildeter betrieblichen Geschichte.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 19

C.Z. 622.276 : 53/.76/787

Grigore, V. *Berechnungsmethode für die Bestimmun des Druckgradientes in der Strömmung der binären Mischur gen in Steigrohrsäulen bei Eruptivsonden*

Eine verbesserte Berechnungsmethode für die Bestim mung des Druckgradientes in der Strömmung der binäre Mischungen in Steigrohrsaülen bei Eruptivsonden, auf Grun lage einer neuen Korrelation des Reibungsfaktors, in we cher das Gas-Flüssigkeitsverhältnis als zusätzlicher Korr lierungsfaktor benutzt wurde, wird dargestellt. Die mi Hilfe dieser Methode ermittelten Gradiente erlauben di Aufnahme von Druckschwankungskurven in den Steigrohr säulen, für einen breiten Bereich der Werte des Flüssiggkeits durchflusses und des Gas-Ölverhältnisses, sehr nah zu de nen, welche durch direkte Messungen an den Sonden ermit telt wurden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 198

C.Z. 620.193 : 669.14

Popa, V. M. *Bekämpfung der rissbildenden Korrosior einiger Gestängenstähle in saueren Medien, in der An- ode Abwesenheit von Schwefelwasserstoff*

Die Rissbildung in den Gestängenstählen Type E, G – 10 und S – 135, in Salzsäuren – oder Essigsäurenmedium, i An-oder Abwesenheit von Schwefelwasserstoff, mit Hilf des ACOR – 22 Hemmstoffes wird überprüft, wobei de Wirkungsgrad des Hemmstoffes in einem mit Schwefelwas serstoff gesättigten, rissbildenden Medium betont wird.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 10, 198

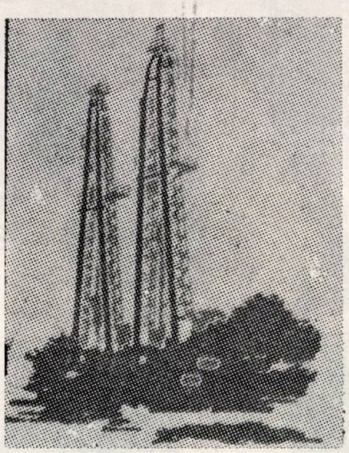


Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră Bucureşti
Calea Victoriei 220, sector I, cod. 71104 C.P. 22–146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informaţia" str. Brezoianu nr. 23–25 Bucureşti c. 2499

**Preţul: 13 lei/exemplar**

c. 2499

# Petrolul românesc trecut, prezent, perspective



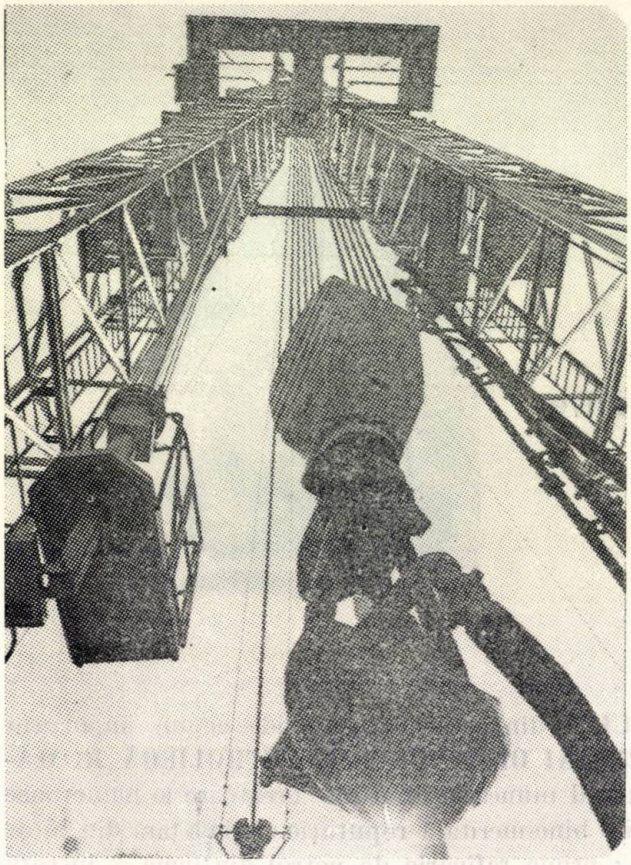
Sărbătoarea **ZILEI PETROLISTULUI** din acest an coincide cu un important eveniment jubiliar: **IMPLINIREA A 125 ANI DE INDUSTRIE PETROLIERĂ ROMANEASCĂ**. Într-adevăr, anul 1857, încununînd munca şi gîndirea creatoare a numeroase generaţii de „păcureţi", aducea României o bine-meritată reputaţie: prima ţară din lume cu producţie de ţiţei, oficial înregistrată; prima rafinărie de petrol din lume — intrată în funcţiune la Ploieşti şi primul oraş din lume iluminat public cu petrol lampant — Bucureştiul.

Aceste premiere mondiale erau rezultatul observării şi studierii atente a proprietăţilor ţiţeiului, a muncii îndîrjite, eroice şi iscusinţei meşterilor anonimi, făuritorii *hecnei*, cu care au sfredelit dealurile Buştenarilor, Zemeşului şi Arbănaşilor, săpînd puţuri de peste 250 m adîncime, a celor care cu mijloace, mai mult decît modeste, au conceput tehnologia rafinării ţiţeiului, deschizînd în istoria petrolului epoca lampantului.

După cum se ştie, datorită marilor descoperiri ştiinţifice şi tehnice realizate în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, şi, mai ales, în secolul nostru, ţiţeiul a devenit principala resursă energetică şi materie primă industrială. În acest context trebuie apreciat efortul muncii şi gîndirii creatoare a petroliştilor români care şi-au adus contribuţii ştiinţifice şi tehnice remarcabile la progresul industriei petroliere româneşti şi universale.

Istoria petrolului românesc a consemnat şi consemnează fapte şi nume de prestigiu. De la cîteva exploatări petroliere, tradiţionale, în trecut, la o arie petrogazeiferă ce se confundă cu însăşi suprafaţa ţării şi cu promiţătoare succese în explorarea zăcămintelor din platforma continentală a Mării Negre; de la prima sondă forată mecanic la Mosoarele, lîngă Tg. Ocna, la păduri de sonde doar în cîteva decenii; de la hecnă la complexele şi reputatele instalaţii de foraj realizate la Intreprinderea „1 Mai" Ploieşti; de la modesta rafinărie de petrol al lui Marin Mehedinţeanu la marile rafinării şi combinate petrochimice ale zilelor noastre.

Revoluţia de eliberare socială şi naţională, antifascistă şi antiimperialistă de la 23 August 1944, la a cărei victorie petroliştii şi-au adus un aport substanţial, a deschis perspective noi de dezvoltare industriei petroliere româneşti, amplificate considerabil de politica economică, ştiinţifică a partidului şi statului nostru, după actul revoluţionar al naţionalizării de la 11 iunie 1948.



125 de ani de experienţă în producţia petrolului şi gazelor a adus României deplina şi definitiva consacrare pe plan mondial în domeniul industriei de hidrocarburi. Potenţată de dinamismul dezvoltării generale a economiei postbelice româneşti, precum şi de asimilarea rapidă în producţie a cuceririlor revoluţiei tehnico-ştiinţifice înregistrate pe plan mondial, a permis industriei extractive de ţiţei şi gaze să realizeze un uriaş volum de lucrări, care a cunoscut un salt calitativ important datorită promovării accentuate a cercetării ştiinţifice şi a aplicării pe scară largă, în practica industrială, a rezultatelor acesteia. Este, acest lucru, mai evident în ultimii 17 ani, perioadă în care în fruntea partidului şi statului s-a aflat tovarăşul **Nicolae Ceauşescu**, perioada congreselor al IX-lea, al X-lea, al XI-lea şi al XII-lea ale P.C.R., care a pus în centrul politicii partidului grija pentru dezvoltarea industriei extractive de petrol şi gaze a ţării, în scopul asigurării independenţei energetice a României socialiste.

Dezvoltarea puternică a cercetării ştiinţifice în anii socialismului şi, în special, în ultimii 17 ani, a dus la descoperirea a numeroase zăcăminte, la creşterea producţiei, la mărirea factorului final de recuperare şi la perfecţionarea continuă a tehnologiei de forare şi operare a sondelor. Se remarcă, astfel, dublarea producţiei în perioada 1950—1955 şi extragerea în ultimii 25 ani a unei cantităţi de ţiţei mai mare decît cea extrasă în prima sută de ani de existenţă a industriei extractive de petrol. În mod deosebit, a evoluat producţia de gaze naturale care în decurs de 25 ani a crescut de peste 10 ori.

Grija manifestată de conducerea partidului pentru dezvoltarea industriei extractive de petrol şi gaze se reflectă, pregnant, şi în marile fonduri de investiţii repartizate acestei industrii. Aceste fonduri au fost destinate perfecţionării tehnicii şi metodelor de prospecţiune, cercetării geologice şi geofizice, tehnologiei forajului şi extracţiei, creşterii factorului final de recuperare a ţiţeiului din zăcăminte.

Prospecţiunea seismică s-a dovedit, ca şi în alte ţări, cea mai eficientă metodă de prospecţiune geofizică pentru hidrocarburi şi a fost utilizată sistematic în toate unităţile geologice, în evoluţia ei distingîndu-se trei etape, corespunzător dezvoltării tehnologice.

Într-o primă etapă, 1948—1960, s-au utilizat staţii seismice oscilografice, iar ca tehnologie de teren — surse centrale singulare şi receptor singular. Datele obţinute au contribuit la descifrarea principalelor aliniamente structurale şi la identificarea structurilor importante din zone cu condiţii seismologice simple.

În etapa 1961—1970, lucrările seismice s-au extins folosindu-se staţii seismice analogice cu înregistrare magnetică şi o tehnologie de teren mai avansată, surse multiple centrale, receptori multipli. Datele prelucrate la un nivel superior au condus la mărirea puterii de rezoluţie a metodei seismice şi au facilitat clarificarea structurii de detaliu a multor zone de perspectivă.

Începînd din anul 1972, s-a trecut la o etapă nouă, caraterizată prin introducerea tehnicii numerice în înregistrarea şi prelucrarea datelor şi prin perfecţionarea tehnicilor de lucru în teren. Rezultatele au permis o îmbunătăţire a calităţii informaţiilor.

Forajul de cercetare geologică (de prospecţiune şi de explorare) s-a dezvoltat continuu, ca urmare a extinderii progresive în suprafaţă şi în adîncime a teritoriului ţării acoperit de sedimentare.

În ultimii 20 de ani în industria de petrol a țării noastre a început să se impună ideea că formațiunile geologice productive cu petrol, la adîncimi mici, pot fi productive și la adîncimi mai mari și că investigarea geologică a suprafețelor, unde formațiunile coboară în adîncime, este absolut necesară. La noi în țară primele sonde de mare adîncime au fost proiectate și au început forajul în cursul anilor 1961—1963. Prin aceste sonde s-a urmărit formarea unei aprecieri orientative asupra perspectivelor petroliere și a unei concepții geologice de lucru în orientarea cercetării în viitor. Aceste obiective inițiale au fost, în parte, atinse, permițînd dezvoltarea cercetării formațiunilor situate la adîncimi mai mari de 4 000 m, acțiune soldată cu descoperirea unor noi zăcăminte.

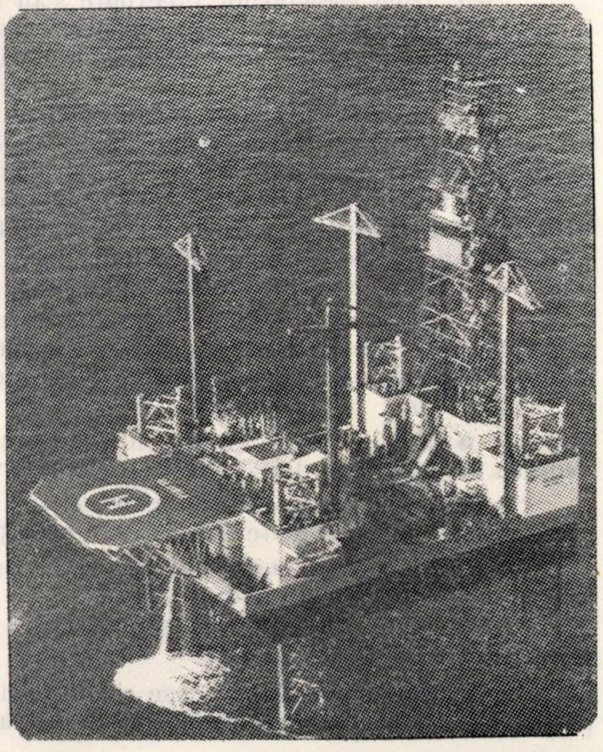
Activitatea intensă de cercetare geologică a dus la o creștere importantă a rezervelor geologice de țiței și gaze, creștere care a făcut posibilă sporirea producției. Congresul al XII-lea al P.C.R. a pus în fața cercetării geologice pentru hidrocarburi sarcini deosebit de importante, în care scop activitatea geologică a fost orientată în următoarele direcții mai importante.

- Cercetarea științifică axată pe rezolvarea problemelor principale privind orientarea și fundamentarea lucrărilor de prospecțiune și explorare, precum și perfecționarea metodelor de valorificare superioară a informațiilor obținute din prospecțiunea geofizică și geofizica de sondă.
- Intensificarea prospecțiunii seismice cu metodici perfecționate și aparatură modernă, pentru obținerea de informații concludente asupra structurii obiectvelor cu condiții geologice complicate și a celor situate la mari adîncimi.
- Dezvoltarea cercetării complexe pentru identificarea și localizarea capcanelor stratigrafice și litologice, îndeosebi în zonele șantierelor vechi, unde fondul capcanelor structurale a fost practic epuizat.

O atenție deosebită s-a acordat perfecționării tehnologiei de foraj, urmărindu-se rezolvarea problemelor specifice condițiilor geologo-fizice ale bazinelor petrogazeifere din România. Adîncimea medie a sondelor săpate a depășit 1 700 m, iar ponderea forajului sondelor adînci (peste 4 000 m) a crescut. Totodată s-a acordat atenție săpării sondelor de îndesire, înlocuire și completare de gabarit.

Progresul înregistrat în forajul sondelor în ultimii 5—10 ani a fost determinat, atît de noile instalații fabricate în țară, echipamente și materiale specifice activității de săpare a sondelor, cît și progresului tehnic înregistrat în tehnologia de săpare propriu-zisă.

Dezvoltarea și diversificarea bazei experimentale de laborator privind forabilitatea rocilor, studiile întreprinse în domeniul mecanicii rocilor, creșterea volumului și rigurozității cercetărilor tehnologice, prin săparea de sonde pilot, au făcut posibilă estimarea efectului modificării parametrilor tehnologiei asupra vitezei de lucru și prețului de cost în foraj. Aceasta a permis folosirea mașinilor electronice de calcul pentru analiza și sinteza soluțiilor tehnologice optime, pentru optimizarea globală a fluxului tehnologic la o sondă în foraj.



Investigarea interacțiunii dintre fluidele de foraj și rocile argiloase, noile tehnici de determinare a gradienților de presiune și fisurare, de control a traiectului găurii de sondă, au deschis noi posibilități tehnologice pentru prevenirea apariției complicațiilor în foraj. Perfecționarea tehnologiei forajului a urmărit creșterea vitezelor de foraj și reducerea costului unui metru săpat.

Una din direcțiile dominante ale progresului tehnologic în foraj a fost creșterea puterii transmise la sapă (apăsare, turație, putere hidraulică) în condițiile corelării optime a parametrilor de regim, pentru reducerea cheltuielilor în faza de săpare.

În zone caracterizate de o tendință naturală de deviere intensă se folosesc

garnituri de prăjini grele, rigidizate pentru realizarea unui traiect liberalizat, aplicînd apăsările optime pe sapă, realizîndu-se astfel creşterea vitezelor de lucru.

A fost îmbunătăţită activitatea de programare a tehnologiei de execuţie a lucrărilor de foraj, în care scop a fost necesară, atît perfecţionarea activităţii de proiectare a forajului, cît şi perfecţionarea pregătirii profesionale a personalului operativ.

Şi în viitor, pe baza Directivelor Congresului al XII-lea, odată cu diversificarea echipamentelor, materialelor şi instalaţiilor de foraj, se prevede o îmbunătăţire a tehnologiei forajului rotativ, în special legat de creşterea adîncimii de lucru. Aceasta va impune, în primul rînd, o prognozare mai precisă a condiţiilor geologo-fizice înainte de săparea unei sonde şi definirea cantitativă a acestora, în scopul programării tehnologiei optime de lucru, care să asigure viteze maxime şi prevenirea complicaţiilor.

În domeniul tehnologiei extracţiei s-au depus eforturi pentru perfecţionarea gazliftului, a pompajului de adîncime, a tratării fluidelor produse în şantier şi a metodelor de combatere a nisipului, a parafinei, a coroziunii şi a crustelor.

În ultimii 15 ani, echipamentul de fund şi de suprafaţă al sondelor exploatate prin gazlift a fost modernizat, utilizîndu-se în prezent la aproximativ 10% din numărul de sonde, supape de pornire, supape de lucru, pachere şi dispozitive de ciclu. Utilizarea acestui echipament a contribuit la creşterea producţiei pe sondă şi reducerea raţiei de liftare, ca urmare a creşterii adîncimii de liftare şi a posibilităţilor de control a injecţiei de gaze.

Perfecţionarea pompajului de adîncime a constat în îmbunătăţirea performanţelor mecanice ale echipamentului de suprafaţă şi de adîncime, îmbunătăţirea proiectării echipamentelor şi materialelor întrebuinţate, aplicarea rezultatelor cercetărilor privind funcţionarea optimă a echipamentului şi folosirea caracteristicilor de zăcămînt în proiectarea şi analiza performanţelor sistemului de pompaj. În acest scop, la unităţile de pompare, s-au construit pompe de extracţie diversificate pe medii de lucru, s-au folosit materiale rezistente la abraziune şi coroziune, s-au confecţionat prăjini de pompare pentru medii corozive şi pentru sarcini mari de pompare.

Limitele pompajului de adîncime cu prăjini au impus folosirea pompelor electrice submersibile, care s-au dovedit eficiente la extracţia debitelor mari din sondele afectate de injecţie de apă şi, în consecinţă, necesitatea extinderii folosirii acestora.

În vederea îmbunătăţirii continue a sistemului de pompaj de adîncime se va lucra în direcţia îmbunătăţirii materialelor, a îmbunătăţirii construcţiilor de pompe, a caracteristicilor echipamentului, a tehnologiei extracţiei, a diversificării prăjinilor de pompaj, asimilării parţiale a echipamentului necesar pompelor centrifugale submersibile, a proiectării, confecţionării şi utilizării pompajului hidraulic pe baza propunerilor de invenţii existente în acest domeniu şi a pompajului cu jet.

În urma cercetărilor efectuate s-au sintetizat şi se fabrică la nivelul cerinţelor industriei extractive, substanţe tensioactive neionice tip bloccopolimeri etoxilaţi, de mare eficacitate, care au dat posibilitatea îmbunătăţirii tehnologiilor de tratare, concomitent cu anularea importului.

Deshidratarea gazelor şi gazolinei se realizează prin adsorbţie în pat fix, folosindu-se silicageluri şi site moleculare fabricate în ţara noastră. Se experimentează industrial deshidratarea gazelor prin adsorbţie cu glicoli.

Recuperarea hidrocarburilor lichide din gaze se realizează prin tehnologii originale, utilizîndu-se cărbuni activi de mare eficacitate, autohtoni. Pentru asigurarea materiei prime necesare industriei petrochimice s-au pus în funcţiune instalaţii de recuperare a etanului din gaze, prin procese criogene.

Cerinţele actuale şi de perspectivă ale economiei naţionale impun valorificarea superioară a hidrocarburilor extrase, concomitent cu reducerea consumului specific de energie şi evitarea poluării mediului. În acest context, problemele care vor trebui rezolvate în viitor sînt următoarele.

- Închiderea sistemelor de colectare şi tratare a ţiţeiului în şantierele vechi, în vederea reducerii pierderilor de hidrocarburi volatile.
- Îmbunătăţirea sistemelor actuale de încălzire, recuperarea căldurii reziduale şi utilizarea energiei geotermice la tratarea ţiţeiului.
- Elaborarea unor procese tehnologice care să asigure eliminarea şi valorificarea $CO_2$ şi $H_2S$ din gazele naturale.
- Elaborarea de procese tehnologice pentru tratarea ţiţeiului extras prin metode termice.
- Elaborarea de procese şi instalaţii pentru extragerea ţiţeiului din reziduurile petroliere sau pentru incinerarea lor şi pentru recuperarea fluidelor de foraj uzate.

Menționăm că în ceea ce privește filtrele utilizate, acestea au constituit permanent un domeniu în care trebuie aduse îmbunătățiri, în sensul simplificării construcției lor, reducerii diametrului orificiului de trecere și a asigurării unei rețineri a nisipului cît mai completă. Cele mai bune rezultate au dat filtrele cu inele convergente, frezate și cu inele randalinate.

Combaterea depunerilor de parafină se face, în majoritatea cazurilor, prin metode mecanice și termice. Experimentările industriale efectuate prin injecție continuă sau discontinuă de substanțe tensioactive și polimeri au arătat că depunerile de parafină se diminuează cu circa 50%, ceea ce reduce substanțial frecvența și cheltuielile operațiilor de deparafinare.

Sintetizarea la nivel industrial a unor inhibitori de coroziune de mare eficacitate a redus substanțial coroziunea echipamentului de extracție. Astfel, inhibitorii ACOR 21, ACOR 22 și ACORAMID 42 au dat rezultate foarte bune, atît la tratarea sondelor ca atare, cît și la acidizările efectuate la temperaturi pînă la 150°C.

În ultimii ani se aplică pe scară tot mai largă prevenirea formării crustelor prin tratare cu hexametafosfat și tripolifosfat de sodiu, cu dizolvarea controlată, precum și cu acid clorhidric.

Dezvoltarea activității viitoare necesită sintetizarea unor produși chimici cu eficacitatea mărită pentru împiedicarea formării rețelelor tridimensionale a cristalelor de parafină, a unor inhibitori de coroziune cu eficacitate mărită pentru sondele de mare adîncime și a inhibitorilor de cruste cu solubilitate controlată.

Creșterea factorului final de recuperare la zăcămintele de țiței a constituit o preocupare permanentă pentru petroliștii români. Astfel, a fost inițiată și s-a extins exploatarea zăcămintelor de țiței prin injecție cu apă sau gaze, obținîndu-se în circa două decenii o creștere medie anuală a producției globale de țiței a țării cu 10—11%.

Pentru fiecare tonă de țiței extrasă în plus s-au injectat, în medie, în zăcăminte circa 15 $m^3$ apă și 2 500 $Nm^3$ gaze, ceea ce a condus la o mărire a numărului de zăcăminte cu factori finali de recuperare în jurul a 60% și la asigurarea obținerii unui factor final de recuperare mediu pe țară de circa 32%.

Dată fiind aria limitată de aplicare a metodelor de injecție de apă și gaze și creșterea relativ mică a factorului final mediu de recuperare, în ultimul deceniu s-au cercetat și dezvoltat în România noi metode de exploatare: metodele termice, dislocuirea miscibilă a țițeiului (injecție de bioxid de carbon, de soluții micelare sau solvenți) și injecția de apă cu polimeri, considerate ca metode secundare sau terțiare, în funcție de condițiile de zăcămînt existente și de momentul aplicării lor.

Experimentarea industrială, direct în șantier, a metodelor termice — combustia subterană și injecția de abur — a demonstrat eficiența acestora și necesitatea extinderii combustiei și la zăcămintele cu țițeiuri mai puțin vîscoase, precum și faptul că injecția ciclică cu abur conduce, în anumite situații, nu numai la intensificarea extracției, ci și la creșterea recuperării, datorită efectului gravitațional de curgere a țițeiului încălzit.

În ce privește metodele de dislocuire miscibilă a țițeiului și anume: injecția de bioxid de carbon și injecția de apă cu soluții micelare, precum și injecția de apă cu polimeri, au fost executate în țară cercetări de laborator și sînt în curs inițieri de procese în șantiere.

Ca urmare a aplicării în practică a directivelor de partid cu privire la dezvoltarea intensivă a metodelor de mărire a recuperării, pe baza cărora s-a elaborat un program național de mărire a factorului final de recuperare, numărul zăcămintelor în care se aplică astfel de metode a crescut continuu. Ca rezultat al aplicării acestor metode se prevede să se mărească, în continuare, numărul zăcămintelor cu factori finali de recuperare pînă la 60—70%, ceea ce va conduce la asigurarea factorului final de recuperare mediu pe țară la valori similare cu cele prevăzute a se obține pe plan mondial.

Tradiția și, mai ales, impresionantele realizări ale industriei noastre petroliere au permis României socialiste să se afirme ca un factor activ și căutat, pe plan internațional, în rezolvarea problemelor tehnico-științifice ale forajului și extracției țițeiului.

Republica Socialistă România colaborează cu țările membre ale CAER în cadrul Comisiei permanente pentru colaborare în domeniul industriei de țiței și gaze și participă la o serie de convenții de colaborare în acest domeniu. Această colaborare bi- sau multilaterală a fost axată, atît pe aspecte tehnico-științifice, cît și ale activității de foraj propriu-zise.

În colaborare cu toate țările membre ale CAER s-a acționat pentru perfecționarea echipamentului, utilajelor, sculelor și aparaturii specifice forajului. Au fost elaborate nomenclatoare de utilaje, condiții tehnice detaliate impuse acestora, care au fundamentat orientarea și specializarea între țări a producției de utilaj petrolier. Deosebit de eficace s-au

dovedit colaborările multilaterale axate pe probleme concret definite, cum ar fi : combaterea erupţiilor libere, inclusiv tehnica şi tehnologia de captare a sondelor în erupţie liberă, elaborarea tehnicii şi tehnologiei pentru săparea sondelor adînci pe structuri cu conţinut ridicat de $H_2S$ şi $CO_2$, inclusiv în prezenţa unor presiuni anormal de ridicate, reducerea consumurilor energetice şi de materiale în activitatea de foraj etc.

Colaborarea privind perfecţionarea exploatării zăcămintelor de ţiţei s-a desfăşurat prin.

• Vizite reciproce ale grupurilor de specialişti pentru documentare tehnico-ştiinţifică în problemele privind perfecţionarea exploatării zăcămintelor de ţiţei şi experimentarea şi extinderea aplicării metodelor noi de creştere a factorului final de recuperare la acestea.

• Schimb reciproc şi periodic de informaţii asupra cercetărilor efectuate în scopul îmbunătăţirii metodelor convenţionale de injecţie de apă şi gaze şi experimentării metodelor noi (termice, chimice şi petro-miniere).

• Participarea la toate şedinţele CAER în problemele respective şi la unele simpozioane organizate în ţările membre ale CAER privind perfecţionarea exploatării zăcămintelor de ţiţei.

Acţionînd pe linia dezvoltării colaborării şi cooperării în efectuarea cercetărilor ştiinţifice, teoretice şi experimentale, R.P.B., R.P.U., R.D.G., R.P.P., U.R.S.S., R.S.C. şi R.S.R. au încheiat convenţia privind crearea laboratorului comun pentru fluide de foraj şi paste de ciment, care, începînd cu anul 1980, funcţionează pe lîngă Institutul de cercetări şi proiectări pentru petrol şi gaze din Cîmpina.

Această colaborare tehnico-ştiinţifică cu ţările membre ale CAER, eficientă prin rezultatele obţinute, va fi continuată şi în viitor.

Reputaţia specialiştilor români în petrol, calitatea superioară a utilajului şi echipamentului nostru petrolier, experienţa în materie, recomandă **ROMANIA** ca un partener ideal de cooperare în toate compartimentele industriei extractive de ţiţei şi gaze. În spiritul autenticei cooperări, România, prin intermediul societăţii ROMPETROL, a efectuat şi efectuează pentru parteneri externi, prin mijloacele sale materiale şi umane, experienţa românească a întregii industrii extractive de ţiţei şi gaze, sub forma următoarelor activităţi : prospecţiuni seismice şi cercetări geologice şi geofizice complexe; forajul, exploatarea, întreţinerea şi repararea capitală a sondelor de ţiţei, gaze şi apă; construcţia de lucrări complexe „la cheie" — conducte şi depozite pentru transportul şi stocarea ţiţeiului, gazelor naturale şi produselor petroliere; acordarea de asistenţă tehnică în toate domeniile industriei extractive de ţiţei şi gaze, prin specialişti de înaltă calificare, experţi şi consultanţi, şcolarizarea personalului partenerilor de cooperare.

Acoperind întreaga gamă de lucrări şi servicii în domeniul industriei extractive de ţiţei şi gaze, industria petrolieră românească, răspunzînd numeroaselor solicitări, a realizat şi realizează, pentru numeroase ţări din Europa, Africa, Asia etc., lucrări de calitate, aducîndu-şi constribuţia la creşterea prestigiului internaţional al României socialiste.

Tot ce a realizat şi realizează industria petrolieră românească a fost şi este rodul muncii eroice şi gîndirii creatoare a petroliştilor români, conduşi şi îndrumaţi de P.C.R. Detaşament muncitoresc, conştient de importanţa misiunii sale, petroliştii români îşi sărbătoresc ziua şi îşi aniversează jubileul, raportînd partidului noi realizări şi angajamentul solemn de a-şi îndeplini întocmai misiunea de a contribui decisiv la asigurarea independenţei energetice a ţării.

# Contribuţia Institutului de cercetări şi proiectări miniere pentru cărbune Petroşani la modernizarea tehnologiilor de extracţie şi preparare a huilei din Valea Jiului*

Ing. **Al. Miclea**
directorul I.C.P.M.C. Petroşani

În urmă cu 25 ani în Petroşani a fost înfiinţată Unitatea de proiecte şi devize, nucleu al viitorului dezvoltare cu profil de proiectare pentru investiţii în prima etapă, iar mai tîrziu de cercetare ştiinţifică şi inginerie tehnologică, a devenit Institutul de cercetări şi proiectări miniere pentru cărbune.

Anii de constituire a institutului şi de formare a lucrătorilor săi în profilul de cercetători şi ingineri tehnologi ca oameni de concepţie, se suprapun în timp cu acţiunile de modernizare a mineritului carbonifer din Valea Jiului, prin mecanizarea execuţiei lucrărilor subterane de deschidere, pregătire şi exploatare, precum şi a celor auxiliare de la suprafaţă şi de modernizare a instalaţiilor de preparare, urmărindu-se valorificarea cît mai superioară a huilelor din această regiune.

Putem spune, din acest punct de vedere, că generaţia noastră de lucrători în domeniul cercetării şi proiectării a avut, are în prezent şi va avea şi în viitor condiţii deosebit de favorabile pentru afirmare profesională, printr-o participare activă la acţiunile de modernizare a tehnologiilor de exploatare şi preparare a cărbunilor.

O evaluare generală a progresului tehnic realizat în industria carboniferă din Valea Jiului în ultimii 25 ani poate fi sugerată reamintindu-ne doar că prin anii 1956—1957 ciocanul de abataj şi perforatorul pneumatic erau uneltele de bază cu care se acţiona în toate fronturile de lucru, alături, bineînţeles, de sapă şi lopată, iar astăzi lucrăm în minele din Valea Jiului cu echipamente complexe la tăiere, susţinere, încărcare şi transport într-un mare număr de abataje şi lucrări miniere de deschidere şi pregătire.

Sigur condiţiile grele de zăcămînt cu tectonică foarte complicată existente în Valea Jiului, prezenţa în cantităţi mari a metanului şi a prafului de cărbune, proprietatea de autoaprindere a cărbunelui şi existenţa intercalaţiilor dure de sferosiderită, au constituit obstacole greu de trecut în încercările de mecanizare a operaţiilor de tăiere şi susţinere, mai ales în abatajele din stratele groase sub tavan artificial.

Unele reuşite în mecanizarea lucrărilor cu volum mare de muncă în subteran au dus în perioada anilor 1970—1975 la o concepţie nouă în Valea Jiului din acest punct de vedere, acceptîndu-se tot mai larg ideea posibilităţii mecanizării complexe chiar a lucrărilor din abatajele din stratul 3 sub tavan artificial, care pînă la acea dată se considera improprie mecanizării.

În anii ultimului deceniu, prin mecanizarea complexă a lucrărilor miniere din subteran, precum şi de la suprafaţă, în preparaţii, s-a făcut un pas important în modernizarea mineritului din Valea Jiului şi prin aceasta a mineritului din România. Mecanizarea şi modernizarea la care ne referim este opera complexă a colectivelor de specialişti ai Combinatului minier Valea Jiului, ai minelor şi preparaţiilor şi, bineînţeles, ai Institutului de cercetări şi proiectări miniere pentru cărbune.

Primele studii de sistematizare a minelor s-au elaborat după anul 1960 pentru etape de cîte 5 ani de către colective mixte de specialişti din producţie, cercetare şi proiectare, iar mai tîrziu studiile tehnico-economice, notele de comandă şi proiectele de execuţie pentru fiecare obiectiv de către cercetătorii şi proiectanţii institutului nostru. În cadrul acestora se valorifică experienţa acumulată în tehnologiile de exploatare şi preparare specifice condiţiilor locale, cărora li se aduc mereu perfecţionări.

Problematica largă pe care o implică subiectul prezentat nu permite referirea la toate lucrările de cercetare şi proiectare care au contribuit, într-o formă sau alta, la modernizarea mineritului în Valea Jiului; sînt menţionate totuşi principalele domenii în care lucrătorii institutului s-au numărat printre cei ce parcurgeau etapele de pionerat, etape în care emoţiile depăşirii greutăţilor inerente introducerii noului, s-au succedat cu emoţiile nereuşitelor dar şi cu cele tonice ale succesului.

În acest sens sînt de menţionat soluţiile de *mecanizare a săpării şi susţinerii puţurilor de mină* prin metoda cofrajelor glisante şi pod mobil, care s-au conceput şi proiectat în institut, iar în urma rezultatelor bune ce s-au obţinut în executarea puţurilor, aceste instalaţii au fost extinse, tipizate şi generalizate la toate puţurile ce s-au săpat după anul 1965, de la zi, pe adîncimi de peste 200 m la diametre de 4; 4,5; 5; 5,5 şi 6 m.

În domeniul *mecanizării susţinerii lucrărilor miniere subterane de deschidere*, în insti-

* Lucrare prezentată la Simpozionul de comunicări ştiinţifice I.C.P.M.C. din 11—12 iunie 1982

tutul nostru a fost concepută și apoi proiectată tehnologia, elementele prefabricate mari de susținere, precum și echipamentul de montare mecanizată a acestor elemente, care să înlocuiască tehnologiile vechi de susținere în bolțari sau beton turnat monolit a galeriilor. Rezultatele bune ce le-am obținut pînă în prezent la experimentarea tehnologiei ne îndreptățesc să apreciem că aceasta se va extinde în viitorii ani, cu toate repercusiunile favorabile privind reducerea costurilor, realizarea unor susțineri calitativ superioare, reducerea consumului de ciment, reducerea, prin mecanizare, a efortului depus de muncitori și creșterea productivității muncii.

Pentru mecanizarea susținerii lucrărilor miniere de deschidere și pregătire în condițiile folosirii arcelor metalice TH, în institutul nostru s-a conceput tehnologia și s-au proiectat echipamentele de montare mecanizată a arcelor care se experimentează în prezent.

În domeniul *mecanizării operațiilor de tăiere și încărcare* în lucrările miniere de pregătire ce se execută în cărbune, lucrătorii institutului nostru au elaborat documentația de asimilare a primei combine românești de înaintare CI—1, executînd chiar, în laboratoarele sale, subansamblele electrice de comandă și protecție pentru modelul prototip, combină care ulterior a intrat în execuția de serie la Atelierele centrale Filipești de Pădure. Mai tîrziu lucrătorii institutului au elaborat studiul tehnico-economic pentru asimilarea combinei de înaintare CI—2, în prezent în fabricație la uzinele din Timișoara.

În domeniul *mecanizării operațiilor din abataje*, trebuie să menționez activitatea de concepție, proiectare și experimentare a primei susțineri mecanizate din țară pentru lucrul sub tavan artificial, care a permis stabilirea unor parametri valoroși ce au fost utilizați mai tîrziu în proiectarea susținerilor SMA—1 și SMA—2.

Tot în cadrul institutului nostru s-au elaborat primele documentații de asimilare a combinelor de abataj CA—1 și CA—2, care ulterior au ajuns în fabricație de serie la Uzina de utilaj minier din Petroșani.

Pentru acționarea hidraulică a stîlpilor individuali, precum și ai susținerilor mecanizate, lucrătorii I.C.P.M.C. au proiectat primele agregate hidraulice de înaltă presiune de 40 și respectiv 78 l/min.

Aș dori să mai menționez că în institutul nostru au fost concepute și proiectate o serie de utilaje și echipamente pentru forat suitori, mașină de încărcat cu basculare laterală, o mare varietate de vase de extracție, chible, colovii, skipuri, instalații de alimentare a skipurilor, utilaje pentru circuitele puțurilor și altele.

În ceea ce privește *modernizarea uzinelor de preparare*, ideea călăuzitoare formulată în deceniul anilor 1970 a fost aceea de trecere la spălarea întregii producții de cărbune din Valea Jiului în scopul utilizării cărbunelui specia în metalurgie, valorificîndu-se în acest fel, în mod superior, calitățile chiar slabe de aglutinare și cocsificare a huilelor.

Pentru realizarea acestui deziderat, au fost elaborate studii cu caracter tehnologic, au fost concepute tehnologii adecvate spălării pentru cocs a cărbunilor din zonele de vest, centru și est ale bazinului carbonifer, iar pe baza acestora au fost elaborate studii tehnico-economice și proiectele de execuție pentru modernizarea și, în paralel, amplificarea capacităților la uzinele de preparare Lupeni, Coroești și Petrila; de asemenea s-a proiectat noua preparație de la Livezeni. În preparația de la Lupeni s-au confirmat tehnologiile concepute, aceasta fiind prima preparație modernizată, a urmat preparația Coroești și este în fază avansată executarea preparațiilor Petrila și Livezeni.

În acțiunea de modernizare a preparațiilor, în institutul nostru au fost concepute și proiectate și o serie de utilaje specifice, cum sînt celule de flotație cu acționare mecanică, elevatoare, transportoare de diferite tipuri, decantoare cu acționare periferică, funiculare de transport și haldare a sterilelor și altele, confirmate apoi în procesul de producție cu rezultate bune.

În continuare, formulez cîteva din gîndurile și preocupările de astăzi ale cercetătorilor și proiectanților noștri, care se străduiesc ca mîine acestea să devină realizări și contribuții la ridicarea pe o treaptă superioară a tehnicii miniere.

În domeniul *susținerii mecanizate a lucrărilor miniere de deschidere și pregătire*, a fost concepută o susținere pășitoare acționată hidraulic, care este în curs de executare la I.R.I.U.M. Petroșani și va urma etapa de experimentare în producție.

Pentru mecanizarea lucrărilor în fronturile scurte din stratul 3 în zone cu tectonică complicată, a fost concepută tehnologia de lucru, precum și modelul unei combine de tăiere și încărcare cu funcțiuni multiple de lucru, atît la săparea preabatajului, cît și în abataj. Combina ar urma să aibă corpul de bază ca aceea de abataj cu posibilități de glisare pe blindajul transportorului cu raclete, iar organul de tăiere asemănător cu acela al combinelor de înaintare cu atac punctiform.

O asemenea combină, datorită mobilității organului tăietor, va putea lucra mai selectiv în abataj, va putea tăia chiar în șpițuri și, apreciem noi, va contribui la mecanizarea în

onele puternic tectonizate în care nu se pot rea în stratul 3 abataje cu front lung.

Privind mecanizarea complexă în continuare operațiilor din abatajele frontale stratul 3 ub tavan artificial, doresc să formulez cîteva onsiderații personale.

Urmărind rezultatele tehnice și economice bținute în ultimii ani la minele Lupeni, Aniasa, Petrila și Lonea, am putut concluziona ă s-a confirmat practic, pentru prima dată n Valea Jiului, în țară, precum și pe plan ondial, că susținerea mecanizată în stratele roase sub tavan artificial flexibil este posibilă, ea creînd condiții pentru realizarea unor ndicatori superiori celor ce s-au putut realiza n cele mai bune condiții cu susținerea hidraulică individuală, productivitatea muncii melie de 10 t/post fiind depășită.

*A crescut securitatea muncitorilor în abatajele cu susținere mecanizată*, iar efortul muncitorilor la operațiile de susținere s-a redus simțitor.

Din punctul de vedere al *condițiilor geologice*, în viitorul nu prea îndepărtat exploatarea stratului 3 în Valea Jiului va ajunge în zone cu înclinări sub 30°, situație în care de la exploatarea în felii orizontale descendente se va putea trece, din punct de vedere minier, la tehnologia de exploatare cu abataje frontale în felii pe înclinare, situație în care se va elimina formarea spițurilor care în prezent constituie principala frînă în obținerea unor viteze mai mari de avansare și a unor indicatori mai buni privind producția pe abataj și productivitatea muncii.

Tot din punctul de vedere al condițiilor miniere, pe măsură ce vor crește vitezele de avansare a fronturilor în stratul 3, presiunea minieră din tavan va fi mai redusă, tavanul artificial flexibil va pierde din ondulațiile mari ce le are acum, devenind mai regulat, favorizînd o dirijare și o repartizare mai uniformă a presiunii miniere, precum și o mai bună corelare între presiunea minieră și portanța reglată a elementelor hidraulice ale susținerii mecanizate.

Față de considerentele expuse mai sus privind mecanizarea complexă a lucrărilor în stratul 3, consider că este necesar să pregătim elementele trecerii la exploatarea stratului 3 în felii mai mari decît în prezent, de 4 sau chiar 4,5 m, iar pentru zonele în care vom avea felii pe înclinare să concepem, să proiectăm, să executăm și să experimentăm susținerea mecanizată a intersecțiilor abatajului cu preabatajul.

Este necesar să mărim secțiunea preabatajelor și să introducem transportoarele de transfer între cele din abataj și respectiv din preabataj. Toate acestea, am convingerea că vor contribui la modernizarea, în continuare, a mineritului din Valea Jiului.

Pentru ceea ce este astăzi Institutul de cercetări și proiectări miniere pentru cărbune Petroșani și pentru perspectivele de dezvoltare ce îi sînt create, doresc să adresez cele mai călduroase mulțumiri conducerii Combinatului minier Valea Jiului care ne-a orientat permanent activitatea, ne-a sprijinit acțiunile, ne-a obligat și ne-a ajutat să ne corectăm greșelile (cînd au fost) și să realizăm, în condiții bune, sarcinile de plan.

# Posibilități de înlăturare a exploziilor necomandate provocate de smulgerea reoforilor la capsele detonante electrice

Prof. dr. ing. **N. Lețu**
Institutul de Mine Petroșani
ing. **Gh. Popescu**
I. M. Sadu

## I. Introducere

În ultimii ani, la întreprinderile miniere, șantierele de construcții hidrotehnice sau amenajările forestiere, la care dislocarea rocilor din masiv se face cu ajutorul explozivilor, s-a constatat că în timpul pregătirii operațiilor de împușcare, s-au produs, într-o serie de cazuri, accidente datorate exploziilor necomandate ale capselor.

Din unele lucrări de cercetare publicate rezultă că producerea exploziilor necomandate a fost provocată de acțiunea curenților vagabonzi și a electricității statice; în schimb, detonarea necomandată a capselor datorită unor eforturi cauzate de smulgerea reoforilor a fost studiată mai puțin.

În etapa actuală se cunosc două orientări asupra metodei de verificare la efort mecanic de smulgere al reoforilor: smulgerea prin efort static și prin efort dinamic.

Smulgerea reoforilor prin efort dinamic este mai verosimilă, deoarece în activitatea de producție astfel de solicitări sînt mai frecvente,

deşi normele de tehnica securităţii le interzic. Pe de altă parte, fabricile furnizoare de capse — potrivit normelor în vigoare — efectuează testările doar prin rezistenţa la smulgere statică a reoforilor. În legătură cu aspectul menţionat, considerăm că pentru înlăturarea totală a pericolului de explozie, este necesară studierea amănunţită a tuturor factorilor care pot contribui la realizarea unor capse rezistente la şoc dinamic. Totodată, se impune şi înlăturarea pericolului de deteriorare a reoforilor în zona sertisării, factor foarte important la utilizarea capselor detonante electrice legate în serie.

Plecînd de la cerinţele unei securităţi depline a procesului de producţie, în lucrarea de faţă se prezintă rezultatul cercetărilor asupra principalilor factori care influenţează smulgerea reoforilor prin eforturi mecanice şi a modalităţilor de aplicare în procesul fabricării a celor mai eficiente soluţii care să conducă la realizarea dezideratului menţionat mai sus, în condiţii de economicitate şi siguranţă maximă la manipulare.

## II. Influenţa sertisării manuale asupra siguranţei capselor

Consolidarea dispozitivelor electrice de aprindere în tuburile capselor de fabricaţie indigenă se realizează, în prezent, printr-un dop obturator din PVC plastifiat şi o sertisare manuală. Sertisarea se execută cu un dispozitiv cu 12 bacuri şi 3 rînduri de renuri pe bac.

Avînd în vedere că pe fluxul tehnologic sertisarea se efectuează manual, în mod inevitabil apar pe parcursul programului de lucru deficienţe de ordin cantitativ şi calitativ.

Făcînd o comparaţie între cantitatea realizată în fiecare oră, la mai multe dispozitive de sertisare, rezultă că ritmul se încetineşte în a doua parte a programului de lucru şi anume după o pauză de masă de 30 min. De menţionat că în ultima oră de lucru, cantitatea sertisată este mai mică cu aproape o treime faţă de cantitatea primei ore de lucru.

Plecînd de la aceste considerente a fost construit un dispozitiv de smulgere prin şoc dinamic al reoforilor, prezentat în figura 1, cu următoarele caracteristici:

— masa greutăţii ce realizează smulgerea, 5 kg;
— înălţimea de cădere a greutăţii, 50 cm;
— lungimea reoforilor (între dopul obturator şi nod), 90 cm.

Împingerea greutăţii de pe suport se realizează cu ajutorul unui cilindru hidraulic acţionat cu aer comprimat tip I.M. Sadu (fig. 1).

Prin prelevarea după fiecare oră a unui număr de 100 de capse provenite de la o instalaţie de sertisat şi supuse probei de smulgere a reoforilor prin şoc dinamic, în dispozitivul propus s-a constatat că numărul exploziilo creşte la capsele sertisate în ultimele două or de lucru (tab. 1).

Rezultă deci că la capsele de fabricaţie indi genă, frecvenţa exploziilor la smulgere est strîns legată de încetinirea ritmului de lucr spre sfîrşitul programului şi în concordanţ cu dezvoltarea oboselii personalului.

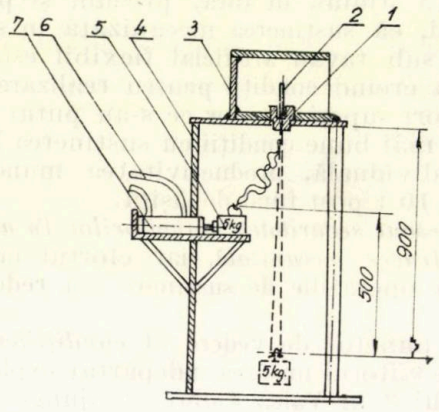



Fig. 1. Dispozitiv de smulgere prin şoc dinamic a reofori lor:

*1* — bucşă de sprijin a capsei; *2* — capsă detonantă electrică; *3* — masca d protecţie din oţel; *4* — cadru metalic; *5* — greutate etalon; *6* — conducte pentru aer comprimat; *7* — cilindru hidraulic.

*Tabelul 1*

| Ora prelevării | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Capse probate | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Nr. explozii | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 5 | 6 |

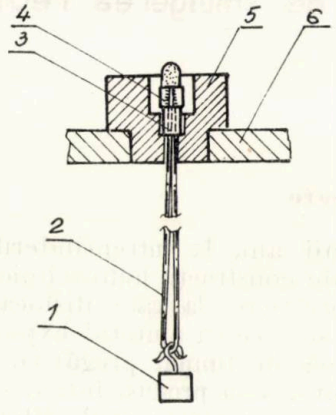



Fig. 2. Fixarea dispozitivului electric de aprindere în dispozitivul de smulgere:

*1* — greutate etalon; *2* — reoforii capsei detonante; *3* — dop obturator; *4* — inflamator; *5* — bucşă de sprijin; *6* — cadru suport.

## III. Influența masei izolante dintre lamele și a compoziției pirotehnice de pe inflamatori

De-a lungul anilor, inflamatorul cu punte de incandescență a cunoscut mai multe transformări, dar modul de realizare al izolării și păstrării unei distanțe constante între lamele s-a limitat la trei procedee cunoscute pe plan mondial. Aceste procedee se realizează în prezent pe mașini automate cu înaltă productivitate.

Principalele procedee industriale cunoscute în etapa actuală, pentru realizarea masei izolante dintre lamele, sînt :

- izolarea lamelelor cu preșpan și consolidarea cu agrafă metalică ;
- izolarea și consolidarea lamelelor cu mase plastice sau bachelită ;
- lipirea lamelelor din folie de cupru cositorit, pe fețele unei benzi izolante din textolit sau sticlostratitex.

În fabricația actuală de capse detonante electrice de producție indigenă se utilizează, în exclusivitate, inflamatori a căror pilulă pirotehnică are primul strat compus din amestec de sulfocianură de plumb, clorat de potasiu și grafit, amestec foarte sensibil la frecare, capabil să inițieze capsa la o smulgere accidentală a reoforilor.

Pentru a pune în evidență aportul masei izolante la deplasarea lamelelor, atunci cînd asupra lor acționează o forță dinamică de șoc, au fost analizate patru tipuri de inflamatori (fig. 3) :

tip 1 — inflamatori cu masă izolantă din preșpan, consolidată cu agrafă din alamă ;

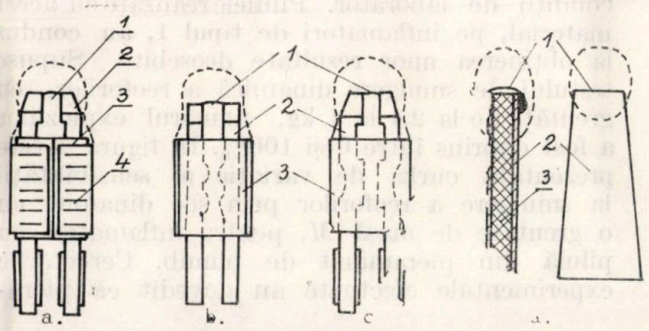



Fig. 3. Tipuri de inflamatori :
*1* — filament ; *2* — lamele ; *3* — masă izolantă ; *4* — agrafă metalică din alamă

tip 2 — inflamatori cu masă izolantă din bachelită presată la cald ;

tip 3 — inflamatori cu masă izolantă din polipropilenă (benzi lipite la cald pe lamele) ;

tip 4 — inflamatori confecționați prin lipirea a două folii de cupru cositorit, pe o bandă din sticlostratitex.

Întrucît la o deplasare extrem de mică a lamelelor prin masa izolantă, se produce și o frecare de stratele interioare ale pilulei pirotehnice, metoda de smulgere prin șoc dinamic a reoforilor poate fi considerată ca o metodă mai concludentă pentru stabilirea sensibilității la frecare a acesteia.

În ambele cazuri, metoda are o importanță deosebită întrucît se stabilește, cu certitudine, care procedeu de izolare a lamelelor asigură un grad mai ridicat de siguranță și care compoziții pirotehnice nu se inițiază prin frecare.

Pentru perfecționarea metodologiei s-a folosit același dispozitiv prezentat în figura 1 și aceeași înălțime de cădere a greutății și anume de 50 cm.

În figura 2 este prezentat modul de așezare al dispozitivului electric de aprindere, în dispozitivul de smulgere.

După lipirea reoforilor la inflamatori și aplicarea testului de smulgere dinamică la tipul 1, cu greutatea etalon de 2 kg, se constată o smulgere totală a lamelelor din masa izolantă de preșpan. Explozia pilulelor pirotehnice, la toate probele, a fost inevitabilă. Explicația este dată de faptul că masa izolantă din preșpan ce învelește lamelele aderă foarte puțin, iar stîngerea este asigurată de a doua agrafă metalică din alamă, ambutisată corespunzător (fig. 3 *a*).

Supunînd testului inflamatorii cu masa izolantă din bachelită presată la cald (fig. 3 *b*), numărul exploziilor s-a redus cu 80%. La inflamatorii la care nu s-a produs explozia, lamelele nu s-au deplasat din masa izolantă. Un rol important în obținerea acestor rezultate îl au cele două proeminențe de pe fiecare lamelă. Totuși, datorită unor erori de dozare, la unii inflamatori masa de bachelită a rămas nepresată, dînd posibilitatea smulgerii lamelelor și producerii exploziilor.

Înlăturarea acestui inconvenient s-a realizat la inflamatorii de tipul 3, unde masă izolantă s-a realizat prin lipirea la cald a două benzi de polipropilenă, cu grosimea de 0,8 mm (fig. 3 *c*). Prin testarea acestora la smulgerea dinamică, exploziile necomandate s-au produs numai la 2% din inflamatori, urmare lipirii necorespunzătoare a benzilor de polipropilenă.

Deși neproductiv, în procesul de fabricație, tipul 4 s-a dovedit cel mai rezistent și cu siguranța cea mai ridicată, întrucît la testările efectuate nu s-a produs nici o explozie (fig. 3 *d*).

Declanșarea exploziilor la primele trei tipuri de inflamatori, provocate de deplasarea lamelelor prin masa izolantă, reprezintă un pericol deosebit la manipularea capselor prevăzute cu astfel de compoziții pirotehnice.

Din multitudinea materialelor pirotehnice care să corespundă exigențelor construirii pilulelor de aprindere electrică, cea mai mare extindere o au picratul de plumb, picraminatul de plumb, crezolatul de plumb, acetilura de

cupru, sulfocianura de plumb și ferocianura de plumb.

Cu toate acestea, fabricile producătoare de capse detonante, în funcție de dotarea tehnologică și sursa de procurare a materiilor prime necesare fabricării acestora, nu totdeauna au ales soluția cea mai avantajoasă. După cum se cunoaște din literatura de specialitate, unele dintre aceste materiale sînt sensibile numai la flacără, altele la flacără și la frecare, iar altele numai la frecare.

Pentru a se mări sensibilitatea la flacără, în compoziția pilulelor s-au introdus materiale oxidante, care au influențat ca temperatura de aprindere să fie cuprinsă între 180 și 250°C. Se asigură astfel, în funcție de diametrul și compoziția filamentului, un impuls de aprindere dorit, într-un timp de maximum 2 ms.

Obținerea acestor performanțe în funcționarea inflamatorului constituit dintr-un amestec de sulfocianură de plumb, clorat de potasiu și grafit, a avut ca efect secundar o creștere a sensibilității la frecare a pilulei, favorizînd în acest mod provocarea exploziilor necomandate.

Aplicînd testul de smulgere dinamică la inflamatorii cu pilula obținută din compoziția menționată, cu o greutate de 180 g, se constată deplasarea lamelelor în masa izolantă de preșpan. Această deplasare are valori cuprinse între 1 și 7 mm, în funcție de stringerea produsă de agrafa din alamă. Numărul exploziilor în acestă situație s-a redus cu 78%. Prin reducerea greutății de smulgere la valori mai mici de 120 g lamelele din masa izolantă nu se mai deplasează și, ca urmare, nu se mai produc nici explozii.

Efectuînd testarea inflamatorilor pentru mai multe greutăți de masă $M$, se poate stabili interdependența numărului de explozii $Ex$, ce apar la smulgerea reoforilor prin șoc dinamic și masa $M$ (fig. 4, curba 1).

Rezultă deci că există aceeași interdependență între sensibilitatea la frecare a materialului pirotehnic de pe lamele și masa de producere a șocului dinamic.

Utilizarea în continuare a acestui amestec pirotehnic depinde, în mare măsură, de posibilitatea realizării unui sertis bun și a unei mase izolante dintre lamele, care să nu permită transmiterea solicitării dinamice de șoc la lamelele fixate în pilula pirotehnică.

Rezultate mult mai bune asigură amestecul pirotehnic constituit din sulfocianură de plumb, clorat de potasiu și cromat de plumb, în proporții corect alese, încît să realizeze parametrii impuși de STAS 8136—80 și o temperatură de aprindere de 180—250°C. Inflamatorii din această categorie, testați pentru diferite mărimi ale masei $M$, cuprinse între 240 și 440 g, prezintă o variație a numărului de explozii de la 0 la 100%, (conform curbei 2 din fig. 4). Se reține faptul că deplasarea lamelelor din masa izolantă a fost de 100% pe distanțe de 1—7 mm. Rezultă că, utilizarea acestui amestec pirotehnic, la fel ca cel din prima variantă, prezintă anumit pericol în situația unei sertisări necorespunzătoare. Pericolul de aprindere la frecare, în ambele situații, este determinat de procentul de clorat de potasiu; cu cît ponderea acestuia în amestecul pirotehnic este mai mică, cu atît sensibilitatea la frecare a pilulelor pirotehnice este mai redusă.

Înlocuirea cloratului de potasiu din amestecul menționat, în proporție de 6—15% cu un oxidant de sensibilitate scăzută (cromatul de plumb sau miniu de plumb) asigură scăderea sensibilității la frecare a pilulei pirotehnice.

Deși în prezent se cunosc mai multe substanțe pirotehnice de amorsare capabile să nu se inițieze la frecare, în studiul elaborat a fost testat picraminatul de plumb, fabricat în condiții de laborator. Pilulele realizate cu acest material, pe inflamatori de tipul 1, au condus la obținerea unor rezultate deosebite. Supuse testului de smulgere dinamică a reoforilor, cu greutăți de la 2,4 la 4 kg, numărul exploziilor a fost cuprins între 0 și 100%. În figura 5 este prezentată curba de variație a sensibilității la smulgere a reoforilor prin șoc dinamic, cu o greutate de masă $M$, pentru inflamatori cu pilulă din picraminat de plumb. Cercetările experimentale efectuate au dovedit că picra-

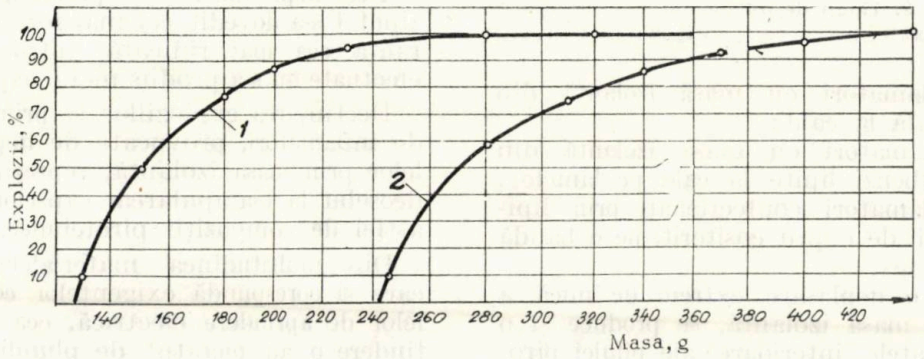



Fig. 4. Interdependența dintre numărul exploziilor și greutatea care produce șocul.

ninatul de plumb, fără adaosul unui alt oxilant, în construcția pilulelor de amorsare electrică, are cele mai mari perspective, în vede-

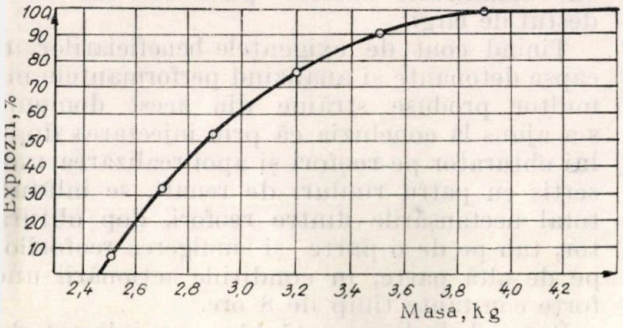



Fig. 5. Variația sensibilității la smulgere a reoforilor prin șoc dinamic pentru inflamatori din picraminat de plumb.

rea realizării capselor indigene, cu un grad ridicat de siguranță față de smulgerea reoforilor.

## IV. Influența dopului obturator și a adîncimii de pătrundere a bacurilor de sertisare

### 1. *Noțiuni teoretice*

Aplicînd asupra bacurilor o forță de strîngere radială și constantă ca mărime, pe toată durata programului de lucru, s-a constatat că au avut loc deplasări de lamelă, dezlipiri de reofori și chiar explozii. Mărind această forță peste o anumită valoare, a reieșit că smulgerea reoforilor nu se mai produce. În schimb, au apărut foarte multe perforări de tuburi în zona de strîngere a bacurilor, iar verificarea rezistenței electrice a capsei a arătat că s-au produs dezlipiri de la sudura reoforilor sau reoforii făceau contact între ei. În această situație, este necesar să se stabilească factorii de care depinde forța de strîngere și valoarea acestui parametru, astfel încît să nu se producă smulgerea reoforilor prin șoc dinamic. Conform teoriei solicitării produse de șocurile dinamice, masa reoforilor este neglijabilă în raport cu masa greutății $G$, ce cade de la înălțimea $h$. După statornicirea unui contact cu nodul, greutatea $G$ continuă să deformeze reoforii, fără să se separe, pînă cînd viteza se anulează. În acest moment, deformația $\delta_d$ și eforturile unitare $\sigma_d$ înregistrează valori maxime. Viteza își schimbă apoi sensul și crește, iar eforturile unitare scad progresiv, pînă în momentul cînd se anulează.

În timpul căderii, greutatea $G$ efectuează lucrul mecanic:

$$L = G(h + \delta_d) \tag{1}$$

Energia potențială acumulată de reofori sub formă elastică, în timpul alungirii lor cu cantitatea $\delta_d$, are valoarea:

$$W = \frac{EA\,\delta_d^2}{2l} \tag{2}$$

unde:

$E$ este modulul de elasticitate longitudinal, daN/mm²;

$A$ — secțiunea reoforilor, mm²;

$l$ — lungimea reoforilor, mm.

Admițînd că nu există pierderi și egalînd între ele cele două energii, se obține:

$$G(h + \delta_d) = \frac{EA\,\delta_d^2}{2l} \tag{3}$$

Rezolvînd ecuația de gradul II în raport cu deformația $\delta_d$, se obține:

$$\delta_d = \frac{Gl}{EA} + \sqrt{\frac{G^2 \cdot l^2}{E^2 \cdot A^2} + 2h\frac{Gl}{EA}} \tag{4}$$

S-a ales soluția pozitivă a deformației, întrucît cealaltă duce la valori negative, ceea ce nu corespunde realității.

Înlocuind $\frac{Gl}{EA} = \delta_s$ — deformația produsă de $G$, în varianta aplicării ei sub formă statică, relația (4) devine:

$$\delta_d = \delta_s + \sqrt{\delta_s^2 + 2h\delta_s} = \delta_s\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_s}}\right) \tag{5}$$

Rezultă deci că deformația dinamică se obține multiplicînd deformația statică cu factorul din parantezele relației (5), care se numește multiplicator de impact $\psi$:

$$\psi = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_s}} \tag{6}$$

$$\delta_d = \psi\delta_s \tag{7}$$

Întrucît deformațiile sînt proporționale cu eforturile unitare (se presupune că în timpul șocului s-a depășit limita de proporționalitate a materialului), rezultă că efortul unitar dinamic se obține dintr-o relație analogă cu relația (7):

$$\sigma_d = \psi\sigma_s \leqslant \sigma_a \tag{8}$$

în care: $\sigma_s = \frac{G}{A}$

După cum s-a relatat, la unele capse reoforii s-au rupt între 5 și 50 cm de dop, ori s-au dezlipit de la sudură. Rezultă că pentru aceste cazuri :

$$\sigma_d = \psi\sigma_s \leqslant \sigma_a \qquad (9)$$

În astfel de situații se poate deduce că forța de sertis a fost mai mare decît solicitarea produsă asupra reoforilor în primul caz și mai mică în cel de-al doilea caz. Apariția exploziilor provocate la deplasarea lamelelor prin substanța pirotehnică sau dezlipirea reoforilor de la inflamator se explică tocmai prin nerealizarea acestei forțe de sertis, capabilă să învingă solicitarea dinamică de șoc, produsă de căderea greutății de 5 kg de la înălțimea de 50 cm.

2. *Influența dopului obturator*

Admițînd diferite surse de producere a forței de strîngere a bacurilor pe tubul capsei, se constată că forța menționată poate avea diferite valori pentru același diametru $d_s$, realizat în urma strîngerii. Variația forței de strîngere depinde de duritatea tubului, elasticitatea dopului obturator, spațiul liber dintre dop și tub și dintre dop și reofori.

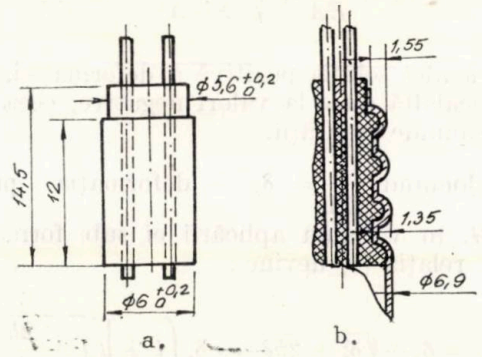



Fig. 6. Dop obturator injectat pe reofor.

De remarcat că în fabricația capselor detonante electrice indigene, există permanent riscul modificării acestor parametri în limite destul de largi.

Ținînd cont de exigențele beneficiarilor de capse detonante și analizînd performanțele mai multor produse străine din acest domeniu s-a ajuns la concluzia că prin injectarea dopului obturator pe reofori și apoi realizarea unui sertis cu patru rînduri de renuri, se înlătură total neetanșările dintre reofori, dop obturator, tub pe de o parte și smulgerea reoforilor pe de altă parte, în condițiile acționării unei forțe constante timp de 8 ore.

Pornind de la această idee, s-a injectat dopul obturator (fig. 6 *a*) cu ajutorul unui dispozitiv de injectat cu 16 cuiburi, montat pe o presă hidraulică verticală. Ca agent de injectare s-au folosit granule din PVC plastifiat STAS 7014—67. Experimentările au stabilit că al patrulea rînd de renuri să strîngă suprafața cu diametrul cel mai mic al dopului obturator, iar bacurile dispozitivului de sertisare din această zonă să execute o rebordurare a gurii tubului.

În tabelul 2 este prezentat rezultatul comparativ privind smulgerea prin șoc dinamic la capse în care s-a folosit dop tras pe reofori și sertis cu 3 renuri și capse cu dop injectat, asociat cu 4 renuri. Analiza rezultatelor scoate în evidență calitatea mult mai ridicată a capselor cu dop injectat pe reofori și sertis cu 4 renuri.

3. *Influența adîncimii de pătrundere a bacurilor*

În deplasarea lor radială, bacurile strîng tubul pe dop și acesta din urmă cei doi reofori.

*Tabelul 2*

| Rezultatul verificării | Sertisare cu 3 renuri și dop tras pe reofori | | | | Sertisare cu 4 renuri și dop injectat pe reofori | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | inflamator cu masă izolantă din preșpan + agrafă | | inflamator cu masă izolantă din bachelită | | inflamator cu masă izolantă din preșpan + agrafă | | inflamator cu masă izolantă din bachelită | |
| | buc | % | buc | % | buc | % | buc | % |
| Reofori rupți sau dezlipiți de la sudură | 67 | 25,58 | 16 | 6,40 | 37 | 14,80 | 12 | 4,80 |
| Un reofor rupt sau dezlipit din capsă, iar celălalt rupt la 5—50 cm | 72 | 28,57 | 92 | 36,80 | 77 | 30,80 | 2 | 0,80 |
| Ambii reofori rupți la 5—50 cm | 61 | 24,20 | 39 | 15,60 | 58 | 23,20 | 108 | 43,20 |
| Ambii reofori în stare satisfăcătoare | 36 | 14,28 | 97 | 38,80 | 70 | 28,00 | 125 | 50,00 |
| Smulgere de lamelă din masa izolantă | 4 | 1,58 | — | — | — | — | — | — |
| Explozii de capsă | 12 | 4,76 | 6 | 2,40 | 6 | 2,40 | 3 | 1,20 |
| Nr. de capse testate | 252 | 100 | 250 | 100 | 250 | 100 | 250 | 100 |

Pentru a stabili între ce limite trebuie să deplaseze bacurile, astfel încît la smulgere nu se producă deplasarea reoforilor din dop perforarea tubului, strangularea sîrmei reorilor sau contactul între aceştia, s-a ataşat dispozitivul de sertisare manuală o instaie hidraulică pentru acţionarea deplasării curilor (fig. 7).

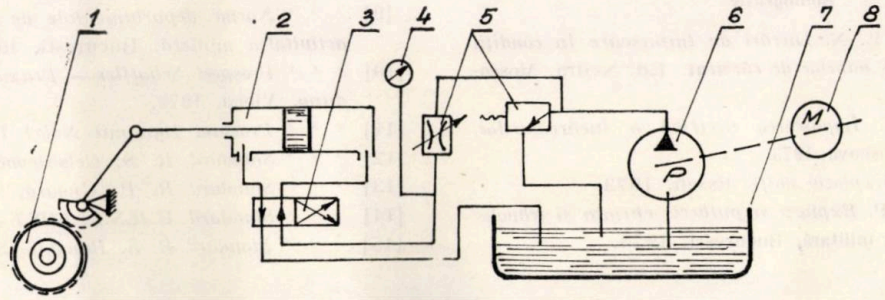



Fig. 7. Instalaţie hidraulică pentru acţionarea deplasării bacurilor:
*1* — dispozitiv de sertisat; *2* — cilindru hidraulic; *3* — distribuitor; *4* — manometru; *5* — dispozitiv de reglare a presiunii; *6* — pompă cu roţi dinţate; *7* — bazin pentru ulei; *8* — motor electric.

Prin folosirea unui circuit de automatizare, reglat cursa tijei pistonului cilindrului hiaulic, în aşa fel încît la o anumită valoare aximă bacurile să perforeze tubul capsei şi producă strangularea reoforilor. Aceste dezirate au fost obţinute sub valori de 3,8 mm diametrului cercului de strîngere.

ximă Ø 4,2 mm la o valoare minimă Ø 6,6 mm, se constată o creştere accentuată a deplasărilor reoforilor din dopul obturator, urmată în unele cazuri de explozii;

- numărul exploziilor este mai mic la utilizarea inflamatorilor cu masă izolantă din bachelită;
- la varianta cu 3 cercuri de sertisare, nu se produc smulgeri de reofori decît la o strîngere cu un diametru de 4,2 mm sau mai mic;
- în varianta cu 4 cercuri de sertisare, nu se produc smulgeri de reofori sub diametrul de 4,6 mm.

*Tabelul 3*

| Diametrul cercului de strîngere, mm | Sertisare cu 3 renuri | | | | Sertisare cu 4 renuri | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | inflamator tip 1 | | inflamator tip 2 | | inflamator tip 1 | | inflamator tip 2 | |
| | nr. de capse testate | explozii sau deplasări din masa izolantă | nr. de capse testate | explozii sau deplasări din masa izolantă | nr. de capse testate | explozii sau deplasări din masa izolantă | nr. de capse testate | explozii sau deplasări din masa izolantă |
| 6,6 | 100 | 72 | 100 | 38 | 100 | 51 | 100 | 32 |
| 5,4 | 100 | 12 | 100 | 8 | 100 | 7 | 100 | 2 |
| 4,6 | 100 | 1 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 |
| 4,2 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 |

În consecinţă, s-a reglat cursa tijei pistonului, astfel încît bacurile prin strîngere să ealizeze cercuri de strîngere pe suprafaţa exerioară a tubului de capsă cu diametre de 4,2; ,6; 5,4 şi 6,6 mm.

Efectuînd smulgerea reoforilor la capse sertisate cu 3 şi 4 cercuri de strîngere, dop injectat pe reofori şi inflamatori din variantele 1 i 2, au fost obţinute rezultatele redate în tabelul 3.

Analiza rezultatelor a condus la următoarele onstatări:

- prin modificarea adîncimii de pătrundere bacurilor de sertisare, de la o valoare ma-

## Concluzii

Pentru reducerea sensibilităţii capselor detonante electrice, de producţie indigenă, la solicitări mecanice de smulgere a reoforilor, se indică următoarele.

**1.** Confecţionarea masei izolante din mase plastice, pentru a nu permite deplasarea lamelelor la acţiunea de smulgere prin şoc dinamic.

**2.** Înlocuirea dispozitivelor de sertisare manuală cu dispozitive hidraulice, care asigură o forţă de sertisare constantă.

**3.** Utilizarea picraminatului de plumb la confecţionarea pilulelor de aprindere ale inflama-

torilor, a cărui experimentare a confirmat o sensibilitate redusă față de deplasarea accidentală a lamelelor.

**4.** Injectarea directă pe reofori a dopului obturator.

**5.** Utilizarea a 4 cercuri de strîngere la sertisarea capselor.

**Bibliografie**


[1] Kutuzov, B. N. *Lucrări de împușcare în condiții periculoase ale minelor de cărbuni.* Ed. Nedra, Moscova, 1979.

[2] Lure, A. I. *Împușcarea electrică a încărcăturilor.* Ed. Nedra, Moscova, 1973.

[3] Meyer, E. *Explosiv stoffe.* Essen, 1973.

[4] Tudoriu, P. *Explozii și pulberi, chimia și tehnologia.* Academia militară, București, 1973.

[5] Leț u, N., Marica, E. și Semen, C. *Săpare susținerea lucrărilor miniere.* Litografia I. M. Pe șani, 1977.

[6] Bodiu, C. *Curs de fizica explozivilor.* Academia litară, București, 1972.

[7] Buzdugan, Gh. *Rezistența materialelor.* Ed. nică, București, 1970.

[8] Oprea, A. *Hidraulica mașinilor-unelte.* Ed. dic tică și pedagogică, București, 1977.

[9] * * * *Norme departamentale de protecția muncii activitatea minieră.* București, 1981.

[10] * * * *Prospect Schaffler — Praxis der elektrischen z dung.* Viena, 1979.

[11] * * * *Prospect Dynamit Nobel Troisdorf,* 1973.

[12] * * * *Standard R. S. Cehoslovacă, C.S.N.* 66—82

[13] * * * *Standard R. P. Ungară, M.S.Z.* 13555/11—

[14] * * * *Standard U.R.S.S. GOST* —9089—63.

[15] * * * *Standard R. S. România STAS* 8136—80.


# Realizări în tehnologiile de valorificare a materialelor cu conținut redus în aur


Dr. ing. **O. Kheil**
director adj. I. M. Barza


## I. Considerații generale

În ultima vreme, aurul prezintă o deosebită tendință de creștere în valoare, după ce ani în șir a fost menținut, sub diferite forme, la un nivel valoric constant.

Utilizat secole în șir, în principal, ca metal pentru diferite podoabe, el și-a cîștigat treptat în importanță, mai ales ca echivalent valoric, iar în ultima perioadă ca metal de bază în tehnică. Ca monedă universală, are un rol economic important în efectuarea schimburilor comerciale de materii prime, metale, utilaje etc.

Ca urmare a acestor considerente, apare și în prezent necesitatea producerii lui în cantități din ce în ce mai mari, în ultima vreme existînd chiar o tendință de creștere a producției zăcămintelor existente și, mai ales, punerea în evidență a unor noi resurse cu conținut de aur.

Prin creșterea în ultimul timp a valorii aurului s-au creat condiții favorabile pentru valorificarea materialelor și a depozitelor cu conțin turi mai scăzute.

Valorificarea acestor depozite, pe lîngă a pectele de ordin economic, pune probleme te nice deosebite, atît din punctul de vedere al e ploatării, cît și al preparării. Menținerea cant tativ constantă a producției impune, pe mă sura scăderii conținuturilor, creșterea volum lui de material extras și prelucrat, cu cons cințe deosebite în extracție și preparare. Sem nificativ în acest sens este faptul că, pentr producerea unui kilogram de aur dintr-un ma terial cu un conținut de 0,8 g/t, este necesar extragerea și prelucrarea unei cantități d 1 500 t minereu, față de 600 t cît ar fi fos necesar de extras și prelucrat la un conținu al materialului de 2 g/t. În aceste calcule, fost inclusă și scăderea de randament de l 85 la 70% aferentă scăderii calitative a materi alului.

Pentru concentrarea eficientă a aurului di aceste materiale, tehnologiile de preparare cla

e, utilizate curent în cazul minereurilor cu ținuturi ridicate, nu mai corespund, datoă scăderii considerabile a extracțiilor în merealizabile. Sînt necesare tehnologii îmbunăite, adecvate caracteristicilor fizico-chimicoineralogice și de conținut, care să situeze cesul de preparare aplicat în domeniul renilității cerute.

Atît pe plan mondial, cît și intern, realizările acest domeniu sînt semnificative. Ne-am pus să evidențiem în continuare cîteva din ste realizări.

**Realizări în domeniul tehnologiilor de contrare a aurului pe plan mondial**

În privința tehnologiilor aplicate industrial tru concentrarea aurului, se constată că, plan mondial, predomină în continuare proleele clasice: concentrarea gravitațională, algamarea, cianurarea și flotația [1; 2]. n general, cîștigă tot mai mult teren precontrarea prealabilă a minereurilor, prin diverse tode, urmată de cianurare, amalgamare sau ație [3].

n U.R.S.S. se aplică mult preconcentrarea idrocicloane cu conul scurt pentru granulele și procedeele gravitaționale pentru granugrobe [4].

n Republica Sud-Africană se utilizează, ca meă de preconcentrare a unor minereuri aurifere, tarea fotometrică [5]. Pentru aceasta este fot un aparat care utilizează laserul ca sursă de ină pentru înregistrarea puterii de refracție uminii (aparatul permite efectuarea a 400 surători pe secundă). Plasat deasupra unei zi care transportă minereul cu granulație rinsă între 36 și 150 mm, aparatul permite lizarea îmbogățirii acestuia prin sortare maă (claubaj), obținîndu-se extracții în jur 80%. Majoritatea uzinelor de preparare a ereurilor aurifere din această țară utilizză, ca procedeu de preconcentrare, separarea gnetică în cîmp foarte puternic sau procele hidrogravitaționale în conuri Reichert, nate de cianurare sau flotație [6].

n domeniul flotației aurului se insistă mult găsirea unor noi reactivi de flotație, în acest p fiind studiat foarte mult mecanismul de ionare a acestora la suprafața aurului, na a legăturii superficiale etc., căutîndu-se sorente noi, variate, adecvate minereului în care acesta este conținut. Drept colectori pentru aur se recomandă: xantatul hexilic de Na, xantatul butilic de Na, petrolul și dodecilamina la flotația particulelor coloidale.

Un nou reactiv cu proprietăți spumante și colectoare INK (alcool alchilic al acidului izonicotinic) a fost testat în U.R.S.S. și recomandat a fi utilizat la flotația aurului într-un domeniu de p*H* cuprins între 6 și 10 [7].

Se remarcă influența pozitivă a poliacrilamidei la flotația materialelor foarte fine, aceasta împiedecînd fixarea șlamului pe granulele de aur [8].

Pentru extragerea granulelor foarte fine de aur se recomandă electroflotația și extracția cu uleiuri [9].

În domeniul hidrometalurgiei aurului din zăcămintele cu conținut de arsen, se insistă mult pe realizarea unor operații premergătoare, care să faciliteze obținerea unor extracții mai ridicate prin procedeul de bază aplicat. În general, se utilizează următoarele operații premergătoare:

— prăjirea urmată de leșierea acidă cu clor gazos;

— prăjirea clorurantă;

— prăjirea oxidantă urmată de o leșiere cu NaOH (180 g/l) la o presiune de oxigen de 20 atm [10].

Au fost executate foarte multe cercetări în direcția extragerii electrolitice a aurului din tulburelile de cianurare [11].

Sînt studiate mult posibilitățile de intensificare a extragerii aurului din unele materiale cu conținut ridicat de cărbune, refractare la cianurare [12]. În S.U.A. pentru îmbunătățirea cercetării la aceste materiale se recomandă electrooxidarea, utilizînd clorul produs prin electroliza unei soluții de NaCl [13].

Se indică în ultimul timp tot mai mult utilizarea leșierii bacteriene, înaintea cianurării [14; 15].

Sînt cercetate noi metode și scheme de extracție a metalelor nobile din minereuri auro-argentifere, prin utilizarea schimbătorilor de ioni [16].

S-au pus în evidență unele metode de trecere în soluție a aurului cu reactivi din clasa aminelor ca: etanol-amină, etilen-diamină, rezultînd auroamine [17].

Un mare număr de lucrări a fost axat pe cercetarea tehnologiilor aplicabile pentru valorificarea unor zăcăminе şi halde în stoc (situ). Astfel, în Newada (S.U.A.), se experimentează de mai mulţi ani extragerea aurului prin leşiere în stoc, utilizînd soluţii diluate de cianuri. Colectarea aurului din aceste leşii se face cu cărbune activ [18].

Interesante sînt cercetările întreprinse în Senegal pentru extragerea pe cale biochimică a aurului din unele tipuri de laterite. Rezultatele obţinute au variat în funcţie de tipul lateritului, obţinîndu-se extracţii de pînă la 82%. Recuperarea aurului conţinut în mediul de cultură s-a făcut cu cărbune activ, cu arderea ulterioară a acestuia.

Experimentarea unor metode noi de concentrare a aurului (extracţia biochimică, flotaţia ionică [19]) care sînt pe cale de a fi aplicate industrial pentru valorificarea unor depozite sărace, neexploatate în prezent, precum şi pentru recuperarea aurului conţinut în apa de mare, aduc un suflu nou în tehnica preparării aurului.

## III. Preocupări pe plan intern pentru realizarea unor tehnologii de concentrare a aurului din materiale cu conţinut redus

### 1. *Influenţa conţinutului în aur al materialului prelucrat asupra extracţiei*

Conţinutul în metal util al materialului influenţează indicii calitativi ai procedeelor de preparare, fără ca acestora să li se aducă modificări de ordin tehnologic sau să se schimbe parametrii utilajelor folosite.

Se cunoaşte că la conţinuturi crescînde de metale în materialul supus prelucrării printr-o tehnologie de preparare dată, în condiţii de selectivitate constantă a procedeului, se realizează concentrate mai bogate, iar conţinutul sterilelor creşte, fără ca între acestea să existe o proporţionalitate evidentă [20].

Pentru verificarea şi stabilirea unor corelaţii cît mai exacte, au fost executate lucrări de cercetare cu materiale avînd diferite conţinuturi, utilizîndu-se ca procedee tehnologice amalgamarea şi flotaţia. Rezultatele experimentale au confirmat variaţia extracţiei în metal în funcţie de conţinutul materialului prelucrat

Analiza statistico-matematică a dependen dintre aceşti parametri [21] a confirmat ex tenţa unei corelaţii strînse, neliniare, de t hiperbolic, care poate fi exprimată printr ecuaţie de forma :

$$m = \frac{a}{A + B \cdot a} \quad ($$

Coeficienţii $A$ şi $B$, care determină alu curbei, sînt specifici pentru fiecare tehnolo şi material în parte. Pentru un material conţinut de aur liber, utilizînd ca procedeu preparare amalgamarea şi flotaţia, ecuaţia ia forma :

$$m = \frac{a}{0{,}0061 + 0{,}01124 \cdot a} \text{ (amalgamare)} \quad ($$

$$m = \frac{a}{0{,}0045 + 0{,}01005 \cdot a} \text{ (flotaţie)} \quad ($$

Curbele din figura 1, care reprezintă trar punerea grafică a celor două ecuaţii, indi variaţii mari ale valorii extracţiei în aur domeniul conţinuturilor cuprinse între 0 1,5 g/t, domeniu specific materialelor săra Apropierea de ordonată a ramurei de hiperb caracterizează eficienţa procedeului de prep rare utilizat. În consecinţă, aprecierea tehnol gică a rezultatelor preparării prin diferite pr cedee aplicate se paote face comparînd între curbele $m$ şi $a$.

Aplicabilitatea unui procedeu sau tehnolo în ansamblu pentru un anumit material poa fi făcută în funcţie de alura curbelor $m$, $a$ domeniul conţinuturilor care interesează. Ace tă metodă de apreciere a rezultatelor prep rării va fi utilizată în continuare la expune unor realizări obţinute pe plan intern privit

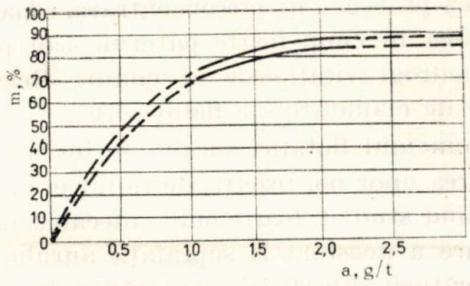



Fig. 1. Variaţia extracţiei în aur $m$ în funcţie de conţinu materialului prelucrat.

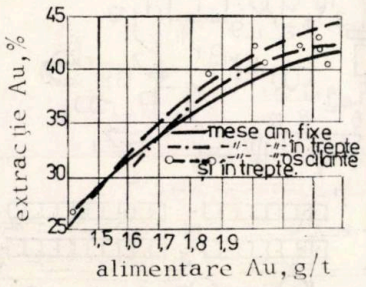
a valorificarea unor materiale cu conţinut edus, ca procedee de concentrare a aurului tilizîndu-se amalgamarea şi flotaţia.

2. *Amalgamarea materialelor cu conţinut le aur*

Deşi cunoscută ca procedeu de extragere a urului liber din cele mai vechi timpuri, amal- amarea nu a înregistrat o perfecţionare cores- unzătoare nici în privinţa tehnologiei propriu- ise, nici în aceea a mijloacelor tehnice de ealizare a procedeului.

De aceea, pentru a crea posibilitatea utilizări acestui procedeu pentru concentrarea auru- ui din materialele cu conţinut redus au fost şi int în continuare necesare cercetări deosebite.

Interesante sînt rezultatele obţinute prin uti- zarea unor aparate de amalgamare folosite urent în instalaţiile industriale la concentrarea urului conţinut în unele materiale cu conţinut ariabil. Astfel, rezultatele testării a trei tipuri e mase de amalgamare : fixe, în trepte şi în repte oscilante, evidenţiate prin extracţiile în




ig. 2. Curbele *m* şi *a* pentru diferite mase de amalgamare.

ur obţinute, au scos în evidenţă eficacitatea iferită a acestora, funcţie de conţinutul în ur al materialului prelucrat. Curbele de varia- ie a extracţiei *m*, funcţie de conţinutul în aur l materialului prelucrat *a*, redate în figura 2, ıtocmite pe baza rezultatelor testării, sînt uprinse între 1,5 şi 1,7 g/t. La valori ale conţi- uturilor ce se situează peste acest interval efi- ienţa maselor descreşte de la cele oscilante în repte la cele fixe, pe cînd la conţinuturi situate ub aceste valori, eficienţa se inversează, ma- ele fixe oferind rezultate mai bune.

S-a desprins concluzia, uneori contestată, că e măsura scăderii conţinutului, are loc şi o ădere a dimensiunii granulelor de aur conţi- ute în material, comportarea acestora în apa- ratele de amalgamare diferind substanţial. Această concluzie, confirmată şi de Kerrich [22] la cercetarea unor minereuri aurifere din Republica Sud-Africană, a pus într-o lumină nouă modul de abordare a analizei comportării aparatelor de amalgamare pentru concentrarea aurului localizat în materiale cu conţinut scăzut.

În acest sens analiza teoretică şi apoi practică, făcută prin numeroase experimentări aplicative [23], a condus la concluzia că prin reducerea tensiunii superficiale mercur-apă creşte substanţial extracţia în aur la amalgamare.

Studiul interacţiunii forţelor superficiale de contact aur-mercur-apă [24] a scos în evidenţă importanţa valorii acestor forţe în realizarea unor energii care să permită umectarea selectivă de către mercur a granulelor de aur.

Influenţarea pozitivă a valorii energiei de umectare prin realizarea unor suprafeţe de contact curate, nealterate, reprezintă o altă condiţie importantă în realizarea umectării selective a aurului de către mercur. În cazul realizării amalgamării granulelor foarte fine, specifice materialelor cu conţinut redus, această condiţie cîştigă şi mai mult în importanţă.

După cum este menţionat în foarte multe lucrări, substanţele dizolvate în apă (mediul de realizare a amalgamării), precum şi cele conţinute în minereul supus amalgamării pot influenţa uneori pozitiv sau negativ umectarea granulelor de aur [25 ; 26 ; 27]. Evident că în realizarea amalgamării granulelor fine şi foarte fine, importanţa acestora trebuie privită ca atare şi luate măsuri în consecinţă.

Aceste considerente au făcut ca încă cu mult timp înainte să fie elaborate proiecte şi să fie realizate o serie de aparate de amalgamare, denumite amalgamatoare, care să permită transpunerea în fază industrială a multora din condiţiile unei bune realizări a umectării selective a aurului de către mercur [28; 29]. Cu toată varietatea mare a amalgamatoarelor construite, puţine au fost acelea utilizate industrial un timp mai îndelungat, nici una din ele neîntrunind toate condiţiile realizării eficiente a procedeului.

Amalgamatoare destinate special pentru concentrarea granulelor foarte fine nu au fost realizate. Din acest motiv nici tehnologiile de amalgamare pentru aceste granule, respectiv pentru materiale conţinînd aur cu astfel de dimensiuni, nu au indicat utilizarea unor aparate

specifice. De cele mai multe ori în astfel de cazuri sînt folosite tehnologii combinate, în care amalgamarea reprezintă unul din procedeele folosite. Rămîne ca, în continuare, cercetările să fie axate pe elaborarea unor aparate de amalgamare noi, capabile să asigure desfăşurarea optimă a procedeului, chiar în cazul granulelor de aur fine şi foarte fine.

O încercare făcută cu un amalgamator cu imersie, redat în figura 3, merită totuşi să fie evidenţiată [21].

Intercalat în fluxul tehnologic combinat de extragere a aurului dintr-un material cuarţos

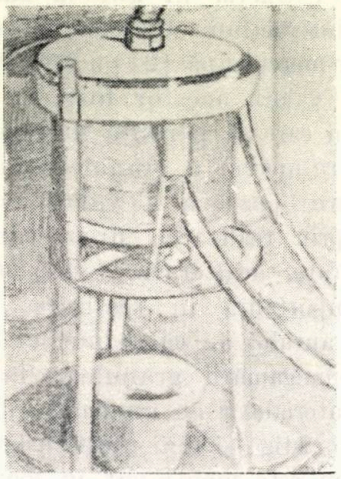


Fig. 3. Aparat de amalgamare cu imersie.

prin amalgamare şi concentrare hidrogravimetrică, după schema redată în figura 4, amalgamatorul cu imersie utilizat pentru extragerea aurului foarte fin măcinat (99% material mai mic de 0,075 mm) a permis obţinerea unor rezultate notabile, redate în diagrama din figura 5.

Extracţiile în metal realizate indică o eficienţă ridicată a aparatului, mai ales dacă se

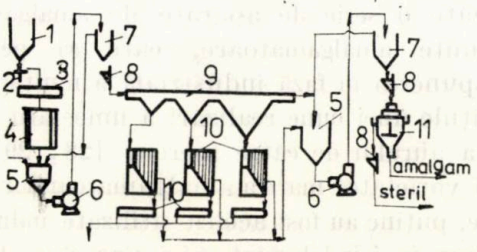



Fig. 4. Fluxul tehnologic combinat de amalgamare şi concentrare hidrogranulometrică:

*1* — siloz; *2* — alimentator rotativ; *3* — baterie de şteampare; *4* — masă de amalgamare fixă; *5* — bazinet; *6* — pompă de tulbureală; *7* — egalizator de debit; *8* — aparat de luat probe; *9* — clasor piramidal; *10* — mase de concentrare; *11* — aparat de amalgamare.

ţine seama de faptul că metalul a fost recuperat din materialul care a trecut în prealabil prin aparatele a două procedee de concentrare utilizate pentru realizarea tehnologiei.

Prin verificarea mai multor scheme tehnologice s-a dovedit că amalgamarea, ca procedeu singular, nu poate fi utilizată eficient la valorificarea materialelor cu conţinut redus în aur. De aceea, s-a trecut la experimentarea unor

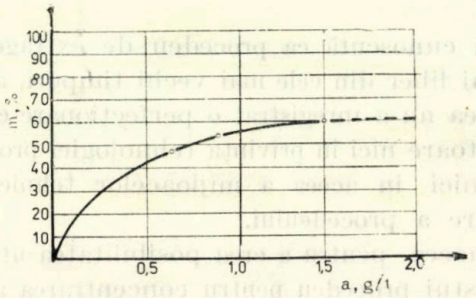



Fig. 5. Curbele *m* şi *a* pentru extragerea aurului cu ajutoru amalgamatorului cu imersie.

scheme combinate a căror eficienţă s-a dovedit a fi mai mare.

Una din schemele utilizate, redată în figura 6, cuprinde amalgamarea dublă a întregului material, urmată de flotaţia rămăşiţelor după o prealabilă îngroşare combinată (realizată în hidrocicloane şi îngroşătoare mecanice cu greble)

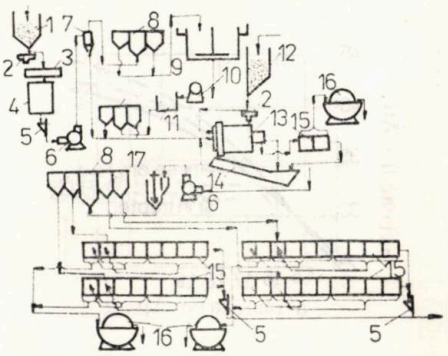


Fig. 6. Schema fluxului tehnologic combinat utilizat l valorificarea unui minereu cu conţinut redus de aur:

*1* — siloz; *2* — alimentator rotativ; *3* — baterie de şteampare; *4* — mas de amalgamare fixă; *5* — aparat de luat probe; *6* — pompa de tulbureală *7* — hidrociclon; *8* — distribuitor; *9* — îngroşător cu greble; *10* — pompă c membrană; *11* — bazinet; *12* — siloz; *13* — moară cilindrică; *14* — clasor c greble; *15* — celule de flotaţie; *16* — filtru-vid; *17* — egalizator.

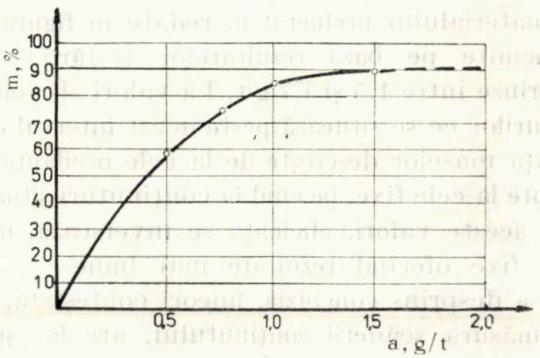



Fig. 7. Curbele *m* şi *a* pentru schema tehnologică redată î figura 6.

Rezultatele convingătoare, redate grafic în agrama din figura 7, situează această schemă hnologică la un înalt nivel de eficienţă, ea nd utilizată la concentrarea aurului conţinut materialele cu conţinut redus.

### 3. *Flotaţia minereurilor aurifere*

Realizările din ultimul timp au scos în evienţă cîteva posibilităţi de îmbunătăţire a tehologiilor de concentrare prin flotaţie a aurului in materialele cu conţinut redus. Unele din ceste tehnologii se bazează pe utilizarea reactivilor colectori şi spumanţi în cantităţi şi raorturi corespunzătoare cu necesităţile impuse e conţinutul în aur al acestora, altele pe folorea în fluxul tehnologic de flotaţie a unor parate specifice avînd rolul de a permite floaţia separată a granulelor grobe, de cele fine, mogenizarea granulometriei materialului în ircuitul de flotaţie şi, în final, realizarea unor ondiţii de acţionare eficiente a reactivilor tilizaţi.

În scopul stabilirii celor mai adecvaţi colectori şi spumanţi, a consumului acestora, a celor mai bune locuri de dozare, precum şi pentru stabilirea unei corelaţii între consumul de colectori şi extracţia în aur realizabilă, cercetările executate [30] la o linie de flotaţie colectivă, a cărei flux tehnologic este redat în figura 8,

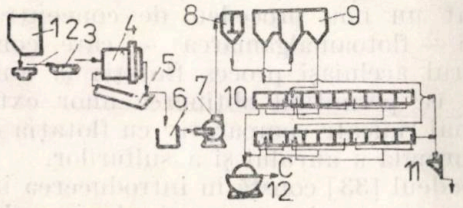



Fig. 8. Schema fluxului tehnologic utilizat pentru cercetările de stabilire a influenţei reactivilor colectori şi spumanţi asupra flotaţiei aurului:

*1* — siloz; *2* — alimentator rotativ; *3* — bandă de transport; *4* — moară cu bile; *5* — clasor cu greble; *6* — bazinet; *7* — pompă de tulbureală; *8* — egalizator; *9* — distribuitor; *10* — celule de flotaţie; *11* — aparat de luat probe; *12* — filtru — vid.

a evidenţiat eficienţa utilizării xantatului butilic şi, mai ales, a amestecului acestuia în proporţie de 1 : 1 cu xantatul etilic de Na.

Stabilirea eficienţei colectorilor s-a făcut comparativ cu xantatul etilic şi spumantul flotanol F — Hoechst.

Pentru stabilirea variaţiei extracţiei în aur, a conţinutului de xantat în tulburelile de alimentare şi reziduale, în funcţie de consumul specific al acestuia, au fost reprezentate grafic valorile determinate, obţinîndu-se diagrame pentru fiecare colector în parte, asemănătoare cu cele din figura 9.

Urmărind curbele din această figură, rezultă că funcţiile $C_x = f(p_x)$ şi $S_x = f(p_x)$, care reprezintă variaţia conţinutului de xantat din tulbureala de alimentare şi evacuare (reziduală) în funcţie de consumul specific $p_x$, sînt rectilinii, iar funcţia $m = f(p_x)$ — extracţia în aur funcţie de consumul specific de xantat — este curbilinie, prezentînd în toate cazurile analizate cîte un maxim.

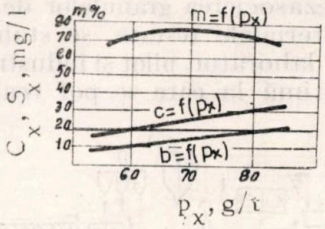



Fig. 9. Variaţia extracţiei în aur a conţinutului de xantat a tulburelilor de alimentare şi reziduale în funcţie de consumul specific de xantat etilic de sodiu.

Dependenţa curbilinie dintre variabilele aleatoare $m$ şi $p_x$ a fost exprimată, în urma unei analize de regresie, printr-o ecuaţie de forma:

$$m = a + b \cdot p_x + c \cdot p_x^2 \qquad (3)$$

în care $a$, $b$, $c$ reprezintă constantele ecuaţiei şi se determină prin metode statistico-matematice.

Compararea curbelor exprimate prin funcţiile $m = f(p_x)$ pentru diferiţi xantaţi a permis aprecierea posibilităţilor de acţionare a acestor reactivi colectori asupra flotaţiei aurului conţinut în diferite materiale, corespunzător dispersate în tulburelile testate.

Supramăcinarea granulelor de aur are ca efect contaminarea superficială, atît prin includerea pe suprafaţa aurului, prin presare, a unor granule de alte minerale, cît şi prin depunerea unor pelicule ale unor substanţe conţinute în tulbureala din aparatele de măcinare-clasare. Granulele contaminate superficial îşi pierd capacitate de flotaţie, adsorbţia reactivilor se face anevoios şi, ca urmare, cresc pierderile de metal la flotaţie.

Pentru concentrarea granulelor grobe de aur liber desfăcute din concrescenţe în urma operaţiilor de măcinare, în vederea evitării contaminării lor superficiale, a fost testată soluţia, utilizată de multă vreme în cazul flotaţiei minereurilor cu conţinut ridicat de aur liber [30; 31], de introducere în circuitul de măcinare-clasare a unui grup de celule de flotaţie independente. Rezultatele obţinute la prelucrarea materialelor cu conţinut redus de aur au fost superioare celor obţinute prin tehnologia normală, obţinîndu-se totodată şi o creştere a capacităţii de măcinare cu circa 5—10%. Fluxul tehnologic utilizat pentru verificarea industrială a acestei tehnologii este redat în figura 10.

În figura 11 este reprezentată grafic variația extracției în greutate în funcție de conținutul în aur al minereului prelucrat prin flotație colectivă normală și cu celule independente intercalate în circuitul de măcinare-clasare.

Pentru dezasocierea granulelor de aur conținute în materialele testate, se stabilește prin cercetări de laborator, pilot și industrial, granulometria optimă la care se pot realiza indicii

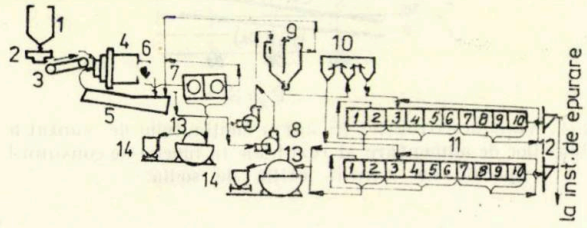



Fig. 10. Flux tehnologic de flotație colectivă cu utilizarea în circuitul de măcinare-clasare a celulelor independente:
*1* — siloz; *2* — alimentator rotativ; *3* — bandă de transport; *4* — moară cu bile; *5* — clasor mecanic; *6* — ciur rotativ; *7* — celule iazbereny; *8* — pompă de tulbureală; *9* — egalizator; *10* — distribuitor; *11* — celule de flotație; *12* — aparat de luat probe; *13* — filtru; *14* — vagonet.

tehnologici de flotație cei mai ridicați. Această valoare este specifică pentru fiecare material în parte, ea depinzînd de compoziția mineralogică și de dispersie a granulelor individuale de aur în masa materialului.

Pentru evitarea formării unor cantități mari de mîluri, în cazul în care se impune o măcinare mai avansată, care produc greutăți în desfășurarea procedeului și contaminează suprafețele granulelor de aur, făcîndu-le improprii flota-

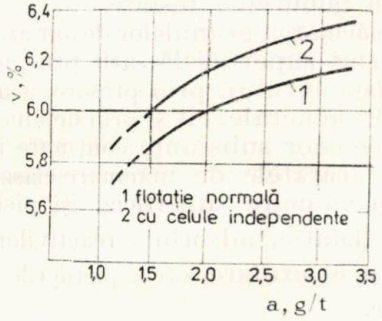



Fig. 11. Variația extracției în greutate *v* în funcție de conținutul în aur al materialului supus preparării (flotației).

ției, cît și pentru dezasocierea completă a concrescențelor, s-a conceput, experimentat și introdus în circuitul industrial un aparat nou, original, neutilizat pînă în prezent în uzinele de preparare — flotoclasorul conic [32].

Aparatul înglobează două funcții: aceea de clasare hidrogravitațională și de flotație.

Plasarea lui în fluxul tehnologic s-a făcut în așa fel, încît spuma mineralizată produsă de aparat să poată fi recirculată în bazinul de absorbție a pompelor de alimentare, iar evacuarea acestuia să poată fi introdusă gravitațional în circuitul de măcinare.

Aparatul, reprezentat schematic în figura 12, prezintă interes și din punctul de vedere al reducerii consumurilor specifice de reactivi, întrucît recuperează parțial reactivii rezidua conținuți în tulbureala care părăsește mașina d flotație.

Variația valorilor extracțiilor în aur în funcție de conținutul materialului supus flotație

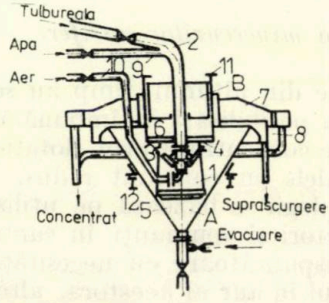



Fig. 12. Schema de principiu a flotoclasorului conic:
*A* — clasor conic; *B* — dispozitiv de flotație; *1* — cameră de agitare; *2* — conductă pentru tulbureală; *3* — distribuitor-agitator; *4* — grătar metalic; *5* — cuvă tronconică; *6* — cuvă pentru separarea concentratelor; *7* — jgheab de colectare; *8* — jgheab pentru suprascurgere; *9* — conductă de apă industrială; *10* — conductă de aer comprimat; *11* — subere pentru reglarea și evacuarea concentratelor; *12* — eșafodaj de susținere.

colective, cu și fără utilizarea în fluxul tehnologic a flotoclasorului conic, este redată prin curbele din figura 13.

După cum s-a precizat anterior, materialele cu conținut redus de aur conțin acest metal în mare parte sub forma unor granule fine și foarte fine. Aceasta face relativ anevoiasă concentrarea lui prin flotație.

Pentru îmbunătățirea posibilităților de colectare a acestor granule fine și foarte fine a fost elaborat un nou procedeu de concentrare a aurului — flotoamalgamarea — care combină în cadrul aceluiași proces flotația și amalgamarea, ea permițînd obținerea unor extracții mult mai ridicate comparativ cu flotația colectivă normală a aurului și a sulfurilor.

Procedeul [33] constă în introducerea în tulbureala care conține suspensia de granule fine de minerale și de aur a unei dispersii fine de

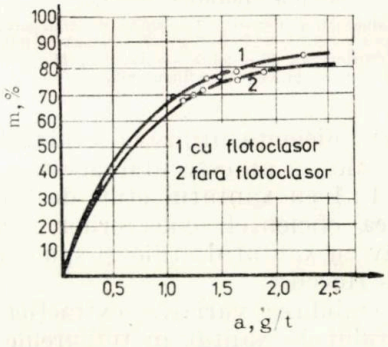



Fig. 13. Variația extracției în funcție de conținutul materialului supus flotației colective cu și fără utilizarea în flux a flotoclasorului conic.

mercur realizat într-un aparat special conceput în acest scop.

Particulele de mercur dispersate în tulbureală formează, prin adeziunea lor la granulele de aur, amalgam de dimensiuni evident mai mari decît ale celor doi componenți. Aceste granule

de amalgam flotează apoi mult mai ușor în mașinile de flotație obișnuite.

Prin realizarea unei încărcări electrice dirijate a particulelor de mercur introduse în tulbureală, se pot utiliza corespunzător forțele electrostatice dintre acestea și aur, respectiv dintre agregatele Au-Hg (amalgam) formate și bulele de aer.

Posibilitatea de ciocnire dintre granulele de aur liber, mercur dispers și bulele de aer crește considerabil.

În figura 14 este redat aparatul de dispersie și dozare a mercurului utilizat pentru realizarea flotoamalgamării.

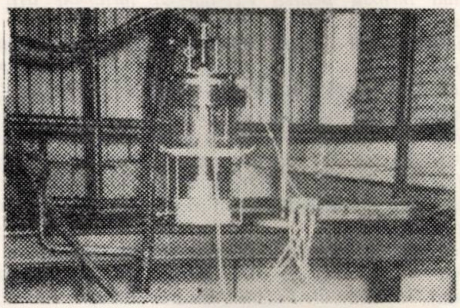


Fig. 14. Aparat industrial de dispersie și dozare a mercurului

Aplicarea industrială a procedeului s-a făcut prin mai multe scheme tehnologice, dintre care una este redată în figura 15.

În baza rezultatelor obținute prin utilizarea la preparare a aceluiași material a schemei tehnologice de flotație stadială și flotoamalgamare stadială au fost întocmite curbele de

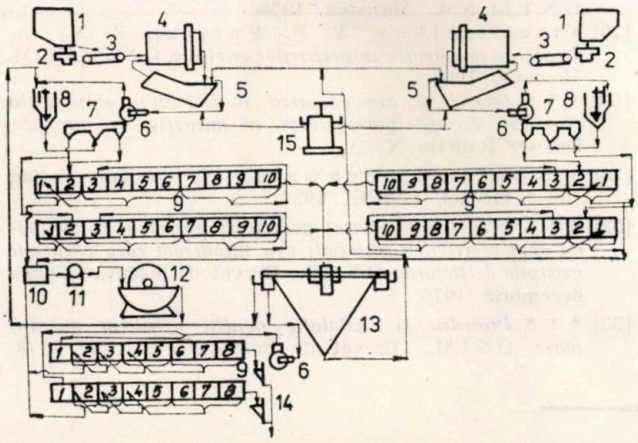


Fig. 15. Schema fluxului tehnologic de preparare prin flotoamalgamare a unui material cu conținut redus de aur: *1* — siloz; *2* — alimentator; *3* — bandă de transport; *4* — moară cu bile; *5* — concasor cu bile; *6* — pompă de tulbureală; *7* — distribuitor; *8* — egalizator; *9* — celule de flotație; *10* — bazinet; *11* — pompă cu membrană; *12* — filtru; *13* — flotoclasor; *14* — aparat de luat probe; *15* — aparat de dispersie.

variație ale extracției în aur în funcție de conținutul materialului prelucrat, redate în figura 16.

Extracțiile în aur realizate prin flotoamalgamare stadială sînt superioare celor obținute prin flotație stadială. Aceste rezultate și posibilitatea foarte ușoară de aplicare a procedeului fără investiții de valoare ridicată au determinat utilizarea flotoamalgamării în instalațiile industriale de preparare a materialelor cu conținut redus de aur.

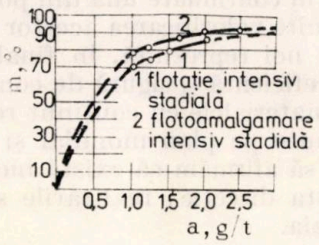



Fig. 16. Curbele de variație ale extracției în aur în funcție de conținutul materialului prelucrat prin flotație stadială și flotoamalgamare stadială.

## IV. Perspective privind concentrarea aurului din materialele cu conținut redus

Rezultatele cercetărilor efectuate la nivel mondial, precum și cele proprii, expuse parțial în această lucrare, au pus în evidență posibilitatea concentrării aurului din materialele cu conținut redus, atît prin adaptarea tehnologiilor existente (cunoscute) la caracteristicile chimico-mineralogice și de conținut ale materialelor respective, cît și prin realizarea unor tehnologii și scheme tehnologice noi adecvate acestor tipuri de materiale.

În privința adaptării tehnologiilor cunoscute la caracteristicile chimico-mineralogice și de conținut se disting cîteva realizări care se referă, în principal, la asigurarea în utilajele principale de realizare a procedeelor de preparare utilizate a condițiilor celor mai eficiente de desfășurare a acestora. Prin aceasta se creează posibilitatea ca granulele fine și foarte fine de aur, caracteristica principală a prezenței acestui metal în materialele cu conținut redus, să poată fi separate eficient din masa materialului supus operațiilor de concentrare care alcătuiesc schema tehnologică utilizată.

Se disting, în principal, schemele tehnologice combinate de concentrare, schemele singulare neasigurînd o recuperare corespunzătore a aurului din aceste materiale. Se pare că în viitor tehnologiile de perspectivă vor fi axate mai mult pe aceste scheme combinate, care pot asigura o recuperare mai ridicată a aurului.

Găsirea unor procedee simple, eficace, ieftine, care să permită realizarea unor recuperări ridicate, chiar la grade de îmbogățire mai mici și care să fie utilizate la începutul schemei tehnologice, reprezintă una din perspectivele de bază ale valorificării materialelor cu conținut redus în aur. Tendința aceasta, pregnant reieșită din realizările industriale, de utilizare a preconcentrării prealabile a materialelor cu

conținut redus de aur, este una din căile care prezintă interes pentru viitor.

Evident că realizarea unor utilaje noi pentru desfășurarea mai eficientă a procedeelor de concentrare noi sau a celor cunoscute, adecvate prelucrării materialelor cu conținut redus, pare să constituie în continuare una din posibilitățile care vor permite valorificarea acestor materiale.

Procedeele noi reprezintă, în final, perspectiva cea mai eficientă și sigură de concentrare a aurului din materialele cu conținut redus. Realizările obținute pe plan mondial și intern ne îndreptățesc să afirmăm că există încă posibilități în aceasta direcție; realizările se pare că nu vor întîrzia.

**Bibliografie**


[1] Kheil, O. *Valorificarea minereurilor cu conținut redus în aur în lumina noilor progrese ale teoriei și practicii de preparare* I. M. Petroșani 1970.

[2] Bodiu, A, și Paraschiv, I. *Progrese în prepararea minereurilor neferoase.* Ministerul Minelor—O.D.P.T București, 1969.

[3] Sarmikova, N. P., Hramcenko, S. I., Belova, T. B. *Despre posibilitatea preconcentrării minereurilor aurifere în medii dense.* Tvetniie metali, nr. 10, 1968.

[4] Safeer, R. S. ș.a. *Extracția aurului fin la îmbogățirea nisipurilor aurifere în hidrocicloane cu conul scurt.* Obogașcenie rud, nr. 2, 1974.

[5] * * * *Sortarea fotometrică a minereurilor aurifere.* Engineering and Mining Jurnal, nr. 177, 1976.

[6] * * * *Metode de îmbogățire a minereurilor cu conținut de aur.* South Afr. Mining and Metalurgy Journal, 4115, 1976 pag. 23—28.

[7] Khneeva, N. D., Elbert, A. M. *Privitor la problema cercetării adsorbției eterului izoamilic I.N.K. la suprafața aurului.* Institutul central de cercetări a metalelor colorate și nobile, nr. 121, 1975.

[8] Demidova, L. K. ș.a. *Fixarea șlamurilor de minerale pe suprafața aurului.* Institutul central pentru metale colorate și nobile, 121, nr. 1975.

[9] Makarenko, V. K. ș.a. *Cercetarea parametrilor de bază în flotația electrică a precipitatelor hidraulice ale metalelor grele.* Voprosi tehnolog. razrabotki i obogoșcenia, 1974.

[10] Gluhov, B. C. ș.a. *Tehnologii de extracție a aurului și argintului din minereuri și concentrate.* Tr. V.M.I.I. Zolota i rudnik materialov V. 1, 1974.

[11] Ivanova, L. S. ș.a. *Extracția aurului și argintului cu cărbuni activi din soluții cianice.* Ghidrometalurgia zolota, Ed. Nauka, 1980, Moscova.

[12] Bosorski S. M. ș.a. *Ridicarea calității concentratelor la îmbogățirea minereurilor cărbunoase auro-sulfurice.* Tvetniie metali nr. 115, 1974.

[13] Guay, W. I. *Cum tratează Carlin minereurile aurifere prin dublă oxidare.* Engineering and Mining Journal, nr. 1, 1980.

[14] Korostinsevski, N. B. ș.a. *Extracția bacteriană hidrometalurgică a aurului din concentratele foarte refractare de aur, arsen și cărbune.* Lucrările Institutului de cercetări din industria aurului, platinei, diamantului și wolframului nr. 3, 1975.

[15] Pares, Y. *Mise en solution de l'or par voie bacterienne.* Congresul al VII de preparare, Leningrad, 1968.

[16] Dunișko, A. A. *Particularitățile sorbției aurului din soluții cianice și pulpe.* Tvetniie metali, 1975.

[17] Plaxin, I. N. Tătaru, S. *Hidrometalurgia cu schimbători de ioni.* Ed. Metalurghia, Moscova, 1964.

[18] * * * *Leșierea aurului din minereurile sărace ale companiei Cortez Gold Mines-Newada.* Engineering and Mining Journal, nr. 178, 1977.

[19] Dobrescu, L., Dobrescu, V. *Flotația ionică — o nouă metodă pentru extragerea metalelor din soluții diluate.* Revista Minelor nr. 6, 1968.

[20] Steiner, I. H. *Curbe limită de selectivitate.* Comunicare a Institutului de preparare al școlii superioare, Austria.

[21] Kheil, O. *Posibilități de mărire a extracțiilor de preparare prin amalgamare și flotație a minereurilor cu aur liber și conținut redus.* Institutul de Mine Petroșani, 1979.

[22] Kerrich, I. T. *Distribuția dimensiunii și greutății particulelor de aur în diferite minereuri.* Journal of the South African Institut of Mining and Metalurgy Iohanesburg martie 1964.

[23] Kheil, O. *Influența tensiunilor interfaciale a fazelor asupra - amalgamării. Determinări experimentale ale tensiunii superficiale la interfața mercur-apă.* I.M. Barza—Brad 1970.

[24] Kheil, O. *Considerații privind concentrarea prin amalgamare a minereurilor cu aur liber foarte fin măcinate* I.M. Barza — Brad 1968.

[25] Tefel, V. *Lehrbuch der Metallhüttenkunde.* Verlog Hirzel Leipzig, 1927.

[26] Richards, R. H. *Ore Dressing.* Hill Publising Company New York 1908.

[27] John, V. N. Dorr. *Cyanidetion and concentration of gold and silver ores.* Mc. Gaw — Holl Company New York 1936.

[28] Plaxin, I. N. *Metallurghia blogorodnih metallov* G.N.T.I.L.S.M. Moscova 1958.

[29] Viazelescikov, V. P. Pariți hi, Z. N. *Îndreptar în prepararea minereurilor aurifere.* G.N.T.I.L.S.M. Moscova, 1963.

[30] * * * *Zețajul și amalgamarea materialului obținut în circuitele de măcinare-clasare a minereurilor aurifere.* Denwer Bulletin N—$A_4$.

[31] Mayer, C. W., Schwarz, H. *Flotation.* Verlag von S-Hirtzel, Leipzig, 1931.

[32] * * * *Procedeu și aparat pentru recuperarea minereurilor și a reactivilor reziduali din tulbureala care părăsește mașinile de flotație.* O.S.I.M., Brevet de invenție 64256, decembrie 1976.

[33] * * * *Procedeu și instalație pentru extracția aurului nativ.* O.S.I.M., Brevet de invenție 64235, oct. 1978.

# Observaţii geologice în versantul nordic al Munţilor Vîlcan între Valea Braia şi Valea Morişoara

Lector I. **Alexe**, lector dr. C. **Dimoîte**, lector **Rodica Popescu**,
ing. geol **Elena Rusu** şi ing. **V. Niculescu**
Universitatea Bucureşti

## I. Introducere

Studiul de faţă prezintă rezultatele cercetărilor asupra cristalinului din versantul nordic al Munţilor Vîlcan (între Lupeni şi Vulcan), ocazie care ne-a prilejuit precizarea structurii geologice şi a caracteristicilor mineralogo-petrografice a formaţiunilor studiate, precum şi evaluarea potenţialului geologico-minier. În mod deosebit am urmărit continuitatea către est a orizontului bazal feruginos al seriei de Tulişa, evidenţiat anterior în zona Dîlma Mare [1 ; 5 ; 6 ; 9], precum şi existenţa altor substanţe minerale utile.

## II. Observaţii geologice şi petrografice

Versantul nordic al Munţilor Vîlcan, în zona cercetată de noi, cuprinde, într-un context geologic-structural complicat, formaţiunile cristalofiliene ce aparţin domeniului getic şi danubian, depozite neogene ale bazinului Petroşani şi depozite cuaternare (fig. 1).

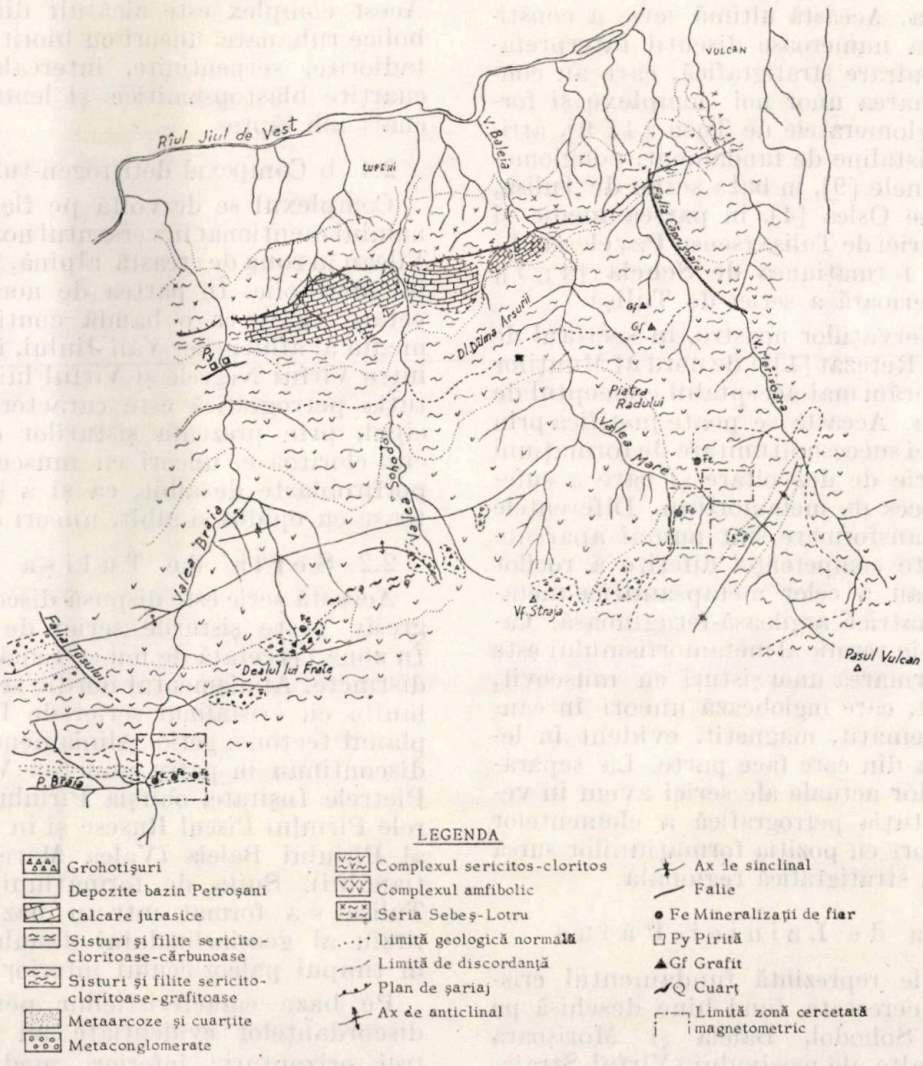



Fig. 1. Schiţa geologică a versantului nordic al Munţilor Vîlcan între Lupeni şi Vulcan.

1. *Şisturile cristalofiliene ale domeniului getic*

Aceste şisturi aparţin seriei mezometamorfice de Lotru-Sebeş. În zona la care se referă observaţiile noastre, această serie formează o fîşie la limita nordică a zonei pe versantul drept al Văii Jiului de Vest. Formaţiunea apare pe o lăţime de 200—300 m în partea de vest (pe Valea Braia) şi de 500—800 m în partea de est (Valea Morişoara).

Petrografic, această serie este alcătuită din : gnaise micacee, gnaise mixte (migmatite), paragnaise, micaşisturi şi gnaise amfibolice cu granat. Asociaţiile mineralogice subliniază condiţiile de metamorfism corespunzătoare faciesului amfibolic.

În apropierea planului tectonic getic rocile sînt puternic cataclazate şi milonitizate.

2. *Şisturile cristalofiliene ale domeniului danubian*

Acestea sînt reprezentate prin formaţiunile seriei de Lainici-Păiuş, urmate discordant de seria de Tulişa. Această ultimă serie a constituit obiectul a numeroase discuţii interpretative şi de încadrare stratigrafică, care au condus la desemnarea unor noi complexe şi formaţiuni : conglomeratele de Tusu [4 ; 9], atribuite seriei cristaline de fundament, conglomeratele de Coarnele [9], în baza seriei de Tulişa, formaţiunea de Oslea [4], în partea medie şi superioară a seriei de Tulişa (sensu Pavelescu, L. et al., 1966), formaţiunea de Schela [4 ; 7], în partea superioară a seriei de Tulişa.

Pe baza observaţiilor noastre, în sectorul de est al Munţilor Retezat [1] şi de nord al Munţilor Vîlcan, considerăm mai acceptabil conceptul de serie de Tulişa. Aceasta se poate justifica prin observarea unei succesiuni unitare de formaţiuni pe întreaga arie de dezvoltare şi care a suferit acelaşi proces de metamorfism. Diferenţele de grad de transformare sînt numai aparente şi sînt datorate competenţei diferite a rocilor metapelitice sau a celor metapsamitice-metapsefitice cu matrice argiloasă-feruginoasă. Caracterul dinamic-termic al metamorfismului este probat prin formarea unor şisturi cu muscovit, sericit şi clorit, care înglobează uneori în cantitate mare hematit, magnetit, evident în legătură cu roca din care face parte. La separarea orizonturilor actuale ale seriei avem în vedere şi constituţia petrografică a elementelor iniţiale în raport cu poziţia formaţiunilor sursă în succesiunea stratigrafică regională.

2.1. Seria de Lainici-Păiuş

Această serie reprezintă fundamentul cristalin al zonei cercetate, fiind bine deschisă pe văile Braia, Sohodol, Baleia şi Morişoara şi în zonele înalte ale masivului (Vîrful Straja, Vîrful Dumitra).

Gh. Manolescu [2] separa două complexe : unul inferior (amfibolitic) şi unul detritogen-tufogen (seria clastică), acceptate şi de noi. I. Solomon et al. [9] concepe o nouă repartizare spaţială a celor două complexe (premetamorfice) şi anume : nucleul de gnaise amfibolice care ocupă zona centrală a clinei nordice ce constituie fosa sudică alcătuită din formaţiuni detritogene (seria de Lainici-Păiuş) şi fosa nordică compusă caracteristic din formaţiuni detritogene şi vulcanogene (seria clastică), care s-ar dezvolta numai în versantul sudic al masivului Vîlcan.

2.1. a. Complexul amfibolic

Acest complex ocupă partea centrală a seriei de Lainici-Păiuş a zonei cercetate şi formează nucleul anticlinalului central din zonă. Spaţial se dezvoltă din cursul superior al Văii Baleia — Vîrful Straja — izvoarele Văii Sohodol — bazinul superior al Pîrîului Piscul Rusesc, afundîndu-se în partea vestică sub formaţiunile seriei de Tulişa către Vîrful Negrele. Acest complex este alcătuit din gnaise amfibolice rubanate, uneori cu biotit şi granat, metadiorite, serpentinite, intercalaţii subţiri de cuarţite blastopsamitice şi lentile (budine) de cuarţ alb lăptos.

2.1. b Compexul detritogen-tufogen

Complexul se dezvoltă pe flancurile anticlinalului menţionat în versantul nordic al Munţilor Vîlcan în zona de creastă alpină, în jurul nucleului amfibolic. În partea de nord a zonei cercetate apare ca o bandă continuă pe cursul mediu al afluenţilor Văii Jiului, iar în sud apare între Vîrful Negrele şi Vîrful lui Mutu. Constituţia petrografică este caracterizată, în principal, prin prezenţa şisturilor cuarţitice sericito-cloritoase, uneori cu muscovit, actinot şi porfiroblaste de albit, ca şi a şisturilor cloritoase cu epidot şi albit, uneori cu actinot.

2.2. Seria de Tulişa

Această serie este dispusă discordant şi transgresiv peste şisturile seriei de Lainici-Păiuş. În zona cercetată de noi se remarcă două benzi distincte. Aliniamentul nordic se dezvoltă între limita cu cristalinul seriei de Lainici-Păiuş şi planul tectonic getic. Aliniamentul sudic apare discontinuu în patru puncte : Vîrful Negrii — Pietrele Înşirate, obîrşia Pîrîului Braia, izvoarele Pîrîului Piscul Rusesc şi în cursul superior al Pîrîului Baleia (Valea Mare — Pîrîul Cartianului). Suita de formaţiuni ale seriei de Tulişa s-a format într-un bazin intraorogen tîrziu al geosinclinalului danubian, constituit în timpul paleozoicului inferior şi mediu.

Pe baza caracteristicilor petrografice şi a discordanţelor evidenţiate au fost separate trei orizonturi : inferior, mediu şi superior [5 ; 6].

2.2. a. Orizontul inferior

Acesta prezintă o constituție eterogenă, re-
narcîndu-se următoarea succesiune : orizon-
ul conglomeratelor laminate, nivelul cuarți-
elor arcoziene cu ciment calcaros și nivelul
alcarelor cenușii. Toate aceste orizonturi au o
lezvoltare neuniformă pe direcție, așa cum s-a
vidențiat în Munții Vîlcan, dar și în zonele
ercetate anterior din Valea Jiului de Vest —
Dîlma Mare [1].

Conglomeratele laminate apar la baza seriei
le Tulișa, cu o dezvoltare discontinuă. În
ona studiată acest orizont apare în structuri
inclinale dezvoltate local (Vîrful Coarnele,
Dealul lui Frate, Pîriul Cartianului). Conglo-
neratele suportă pachete de cuarțite serici-
oase, cloritoase și grafitoase. Ele sînt consti-
uite din elemente petrografice variate repre-
entate prin : șisturi verzi cloritoase, cuarțite
lbe, cenușii, verzui, ce aparțin fundamentului
ristalin (formațiunile seriilor de Lainici-Păiuș
i Drăgșan), înglobate într-un material clo-
itos-sericitos, uneori feruginos, care le con-
eră culoarea predominant verzuie sau brună.

Cuarțitele arcoziene se dispun deasupra con-
lomeratelor laminate, fiind constituite dintr-un
naterial granoblastic cuarțo-feldspatic prins
ntr-o masă silicioasă și feruginoasă. Ele au
ost identificate pe flancurile sinclinalului Mun-
ele Coarnele-Piscul Rusesc și sporadic în sin-
linalul Cartianului. La microscop în cuarți-
ele arcoziene se observă granoblaste de cuarț
i feldspat potasic și plagioclaz în alternanță
u plaje de calcit, toate prinse uneori într-o
nasă feruginoasă limonitică. Componentul li-
nonitic este caracteristic acestei zone estice,
n timp ce în zona Dîlma Mare — Cîmpul lui
Neag din vest pentru masa feruginoasă este
aracteristic hematitul și magnetitul, prezen-
înd uneori și faza sulfurilor de fier.

Calcarele cristaline reprezintă ultimul nivel
lin orizontul inferior, ele fiind întîlnite la baza
inclinalului Cartianu, unde sînt dispuse dis-
ordant și transgresiv peste formațiunile seriei
le Lainici-Păiuș. Aici cercetările geofizice
i observațiile geologice sporadice ne-au suge-
at posibilitatea dezvoltării sub calcare a ori-
ontului cuarțitic-arcozian, eventual al celui
onglomeratic *.

2.2. b. Orizontul mediu

Acest orizont se dezvoltă sub forma unor
enzi continue în partea nordică a zonei cer-
etate, sub formă de deschideri continue în
azinele mediu-inferioare ale afluenților Văii
Jiului. În sudul perimetrului cercetat forma-
iunile orizontului mediu apar sporadic în
umplutura sinclinalului Cartianu și a celui din
Vîrful Negrii — Pietrele Înșirate. Suita de
roci este constituită din : șisturi cuarțitice feld-
spatice cu intercalații de calcare în plăci, șis-
turi sericitoase grafitoase, șisturi cloritoase-
sericitoase.

2.2. c. Orizontul superior

Acest orizont a fost evidențiat cartografic
în partea de nord a zonei cercetate, sub forma
unei fîșii cu lățimea de 1 500 m pe interfluviul
dintre văile Braia și Sohodol, care se reduce
lateral în extremitățile vestică și estică la
300—400 m.

Încadrarea acestui orizont este amplu con-
troversată în literatura de specialitate. Astfel,
Gh. Manolescu [2] consideră aceste formațiuni
ca făcînd parte din cuvertura sedimentară a
autohtonului danubian slab metamorfozată,
observînd asemănarea cu formațiunea de Schela,
dar și unele deosebiri. L. Pavelescu [5 ; 6]
include orizontul superior la seria de Tulișa,
metamorfozată în condițiile faciesului șistu-
rilor verzi, și consideră dezvoltarea la scară
regională constantă a acestui orizont în raport
cu cele inferioare. I. Solomon et al. [9] recu-
noaște existența orizontului superior al seriei
de Tulișa prin conglomeratele intraformațio-
nale. Același autor separă la partea superioară
„formațiunea de Paroșeni", constituită dintr-o
suită de filite cu lentile de roci carbonatice
silicioase, care se așează discordant pe ori-
zontul superior al seriei de Tulișa. Autorul
menționat constată asemănarea cu formațiu-
nea de Schela și îi atribuie vîrsta triasic supe-
rior-liasic. V. Mutihac [3], în cadrul studiilor
din versantul sudic al Munților Vîlcan, con-
sideră această formațiune strict sedimentară,
acordîndu-i vîrsta carboniferă. I. Stănoiu [10]
îi atribuie vîrsta devonian-carboniferă, iar S.
Năstăseanu [4] vîrsta westfalian-permiană, în-
cadrînd-o suitei care umple sinclinalul de
Oslea.

Pe baza observațiilor noastre geologico-struc-
turale și petrografice, considerăm oportună și
funcțională includerea pachetelor de filite gra-
fitoase-cărbunoase la orizontul superior al for-
mațiunii de Tulișa. Sporadic se remarcă pre-
zența unor gresii cărbunoase de tip liasic,
prinse în masa filitelor grafitoase. Această aso-
ciație se poate explica prin cutarea comună în
timpul orogenezei alpine a celor două forma-
țiuni.

În orizontul superior al seriei de Tulișa se
evidențiază caracteristic următoarele tipuri de
roci : filite grafitoase-cărbunoase, șisturi fili-
toase-cloritoase-sericitoase, șisturi cuarțitice ar-
coziene, calcare cenușii negricioase cuarțitice,
cu rare intercalații de serpentinite, cuarț și
cuarțite.

* Vezi Almășan B., Alexe I., Calotă, C., Dimofte, C., Po-
escu Rodica, Rusu Elena și Niculescu, V. *Studiul minera-
zațiilor de fier din Munții Vîlcan versantul nordic între Lupeni
i Vulcan jud. Hunedoara*, Raport 1981, arhiva I.P.E.G.
Iunedoara.

3. *Formațiunile cuverturii sedimentare*

Formațiunile sedimentare acoperitoare sînt reprezentate prin microconglomerate și gresii arcoziene liasice, calcare tithonice neocomiene, gresii și pietrișuri neogene (rama sudică a bazinului Petroșani), depozite deluviale (în special în zona de creastă, alpină) și aluviunile actuale din Valea Jiului și afluenții din versantul drept al acestuia. Cartografierea acestor depozite apare bine conturată într-o hartă geologică detaliată *.

3.1. Caracterizare tectonică și structurală

Aspectele structural-tectonice dominante în versantul nordic al Munților Vîlcan sînt acelea care caracterizează întregul fundament cristalin al masivului.

Orientarea generală a șisturilor cristaline este de la nord-est la sud-vest, cu unele variații locale, condiționate de aspectele microstructurale.

Cel mai important accident tectonic este planul de șariaj getic, care evoluează în versantul drept al Văii Jiului. În zona cercetată, acesta a fost urmărit între văile Braia (în vest) și Morișoara (în est). Linia planului getic prezintă un traseu sinuos, determinat de prezența în partea frontală a masivelor de calcare tithonian-neocomiene, în relație cu formațiunile mai noi ale orizontului superior a seriei de Tulișa din bază. Înclinările planului getic au valori de 70 — 80°N în vestul zonei și de 50—55°N în est.

Structurile plicative sînt reprezentate prin sinclinalul central Vîrful Negrele — Piatra Radului și sinclinalul Muntele Coarnele — Dealul lui Frate, ambele cu orientare generală vest-est, cu unele modificări locale ale direcției axului de cută. Alte structuri plicative sînt cele evidențiate în zonele de dezvoltare a seriei de Tulișa : sinclinalul Cartianului și sinclinalul Muntele Coarnele — Dealul lui Frate — Piscul Rusesc.

Tectonica disjunctivă este prezentă prin falia Tusului, care scufundă compartimentul vestic și decroșează axul anticlinalului Vîrful Negrele — Piatra Radului și falia Căprișoara, care afectează depozitele bazale ale seriei de Tulișa și calcarele microcristaline în plăci.

3.2. Cercetări magnetice de detaliu

În zona studiată cercetările magnetice au fost amplasate pe sectoare ale unor arii în care se dezvoltă sinclinalele cu formațiuni de Tulișa și unde nu s-au putut efectua observații geologice directe. Cercetările se referă la două zone distincte : zona Dealului lui Frate (obî
șia Pîrîului Braia) și zona Pasului Vîlcan (i
vorul Șesul Cartianului).

Problema geologică care urma a fi rezolvat
fiind similară cu aceea abordată anterior
zona Dîlma Mare (Retezat), adică urmărir
către est a nivelului cuarțitic arcozian și co
glomeratic feruginos, s-a adoptat aceeași m
todologie de lucru.

Dezvoltarea formațiunii purtătoare de min
ralizații de fier fiind caracterizată prin acum
lări strict delimitate, cu dezvoltare redusă
adîncimi mici, cercetările magnetice în aceas
etapă de studiu s-au efectuat în zonele cu c
mai mare probabilitate de existență în subs
a unor astfel de mineralizații, pe baza ipot
zelor și a observațiilor geologice fragmentar

Prospecțiunea magnetică s-a efectuat pr
măsurarea într-o rețea de stații distribuite r
gulat (modul 25 m), pe profile situate la 50 r
realizîndu-se o densitate de acoperire suf
cientă cartării unor anomalii magnetice
extindere previzionată.

Măsurările s-au efectuat cu magnetometre
procesie protonică tip MMP—1S, măsurîndu-
intensitatea cîmpului geomagnetic cu o prec
zie instrumentală de 1—2 gamma, care a fo
raportată la stații locale de referință.

Reducerea de variație diurnă, necesar a
aplicată valorilor relative ale intensității cîm
pului geomagnetic, s-a efectuat pe baza datel
furnizate de observatorul geofizic Surlari.

Datele astfel prelucrate, afectate de erc
de maximum 5—6 gamma, au permis constru
rea hărților magnetice prin trasarea izoliniil
la intervale de 50 gamma.

Harta magnetică din zona Dealul lui Fra
prezintă, în partea nordică a rețelei, anoma
magnetice cu intensități de pînă la 700 gamm
cu închideri locale disperse pe un fond anom
de 200—300 gamma. Se remarcă caracter
bipolar al acestui fond și faptul că este disp
după direcții preferențiale est-vest, conco
dant cu structura geologică specifică seriei
Tulișa (fig. 2).

Harta magnetică din zona Pasul Vîlcan (i
vorul Șesul Cartianului) este realizată pe baz
a două rețele locale distincte și prezintă acela
aspect mozaicat al morfologiei anomaliilor ma
netice și dispunerea acestora după direcții pr
ferențial concordante cu structura genera
(fig. 3 și 4).

Corelarea rezultatelor cercetărilor magneti
cu datele și ipotezele geologice emise indi
faptul că sîntem în prezența unor surse magn
tice de dimensiuni relativ reduse, amplasate
adîncimi de ordinul zecilor de metri și dispu
sporadic.

Interpretăm că sursele acestor anomalii ma
netice sînt reprezentate de concentrații în pri

* Drăghinda, I. și Lăcătușu, A. (1964—1965), *Raport asupra prospecțiunilor pentru cărbuni pe rama de sud a bazinului Petroșani (Munții Vîlcan)*, Arhiva Ministerului Geologiei, București.

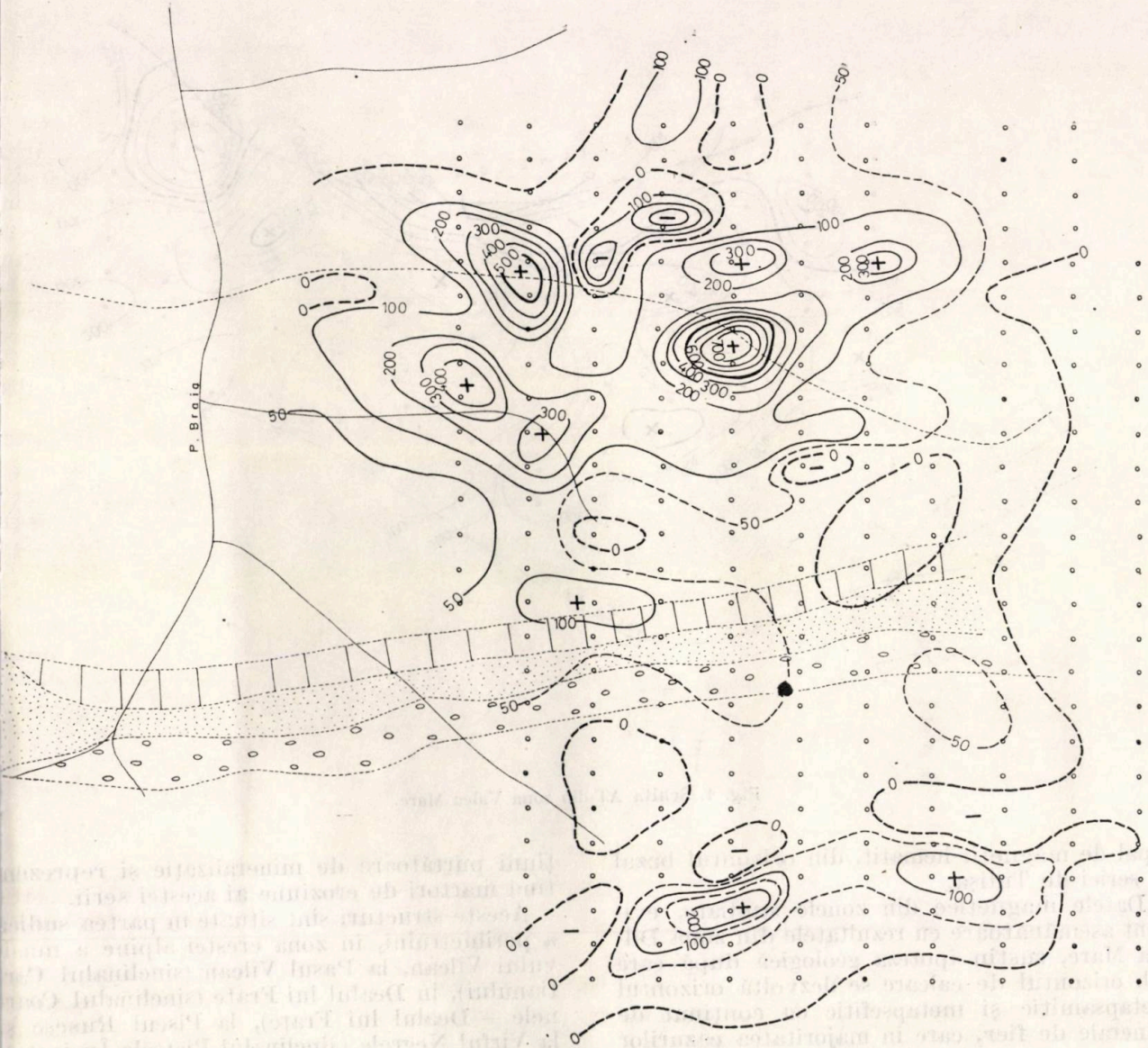



Fig. 2. Schița ΔT din zona Dealul lui Frate.

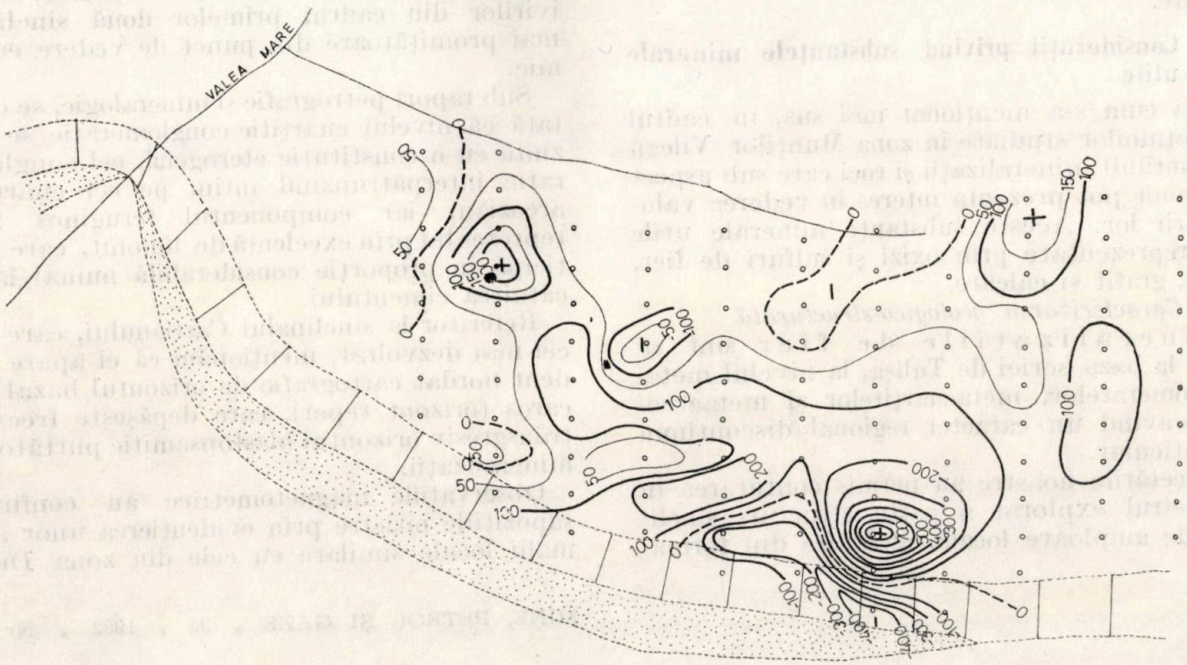



Fig. 3. Schița ΔT din zona Pasul Vîlcan.

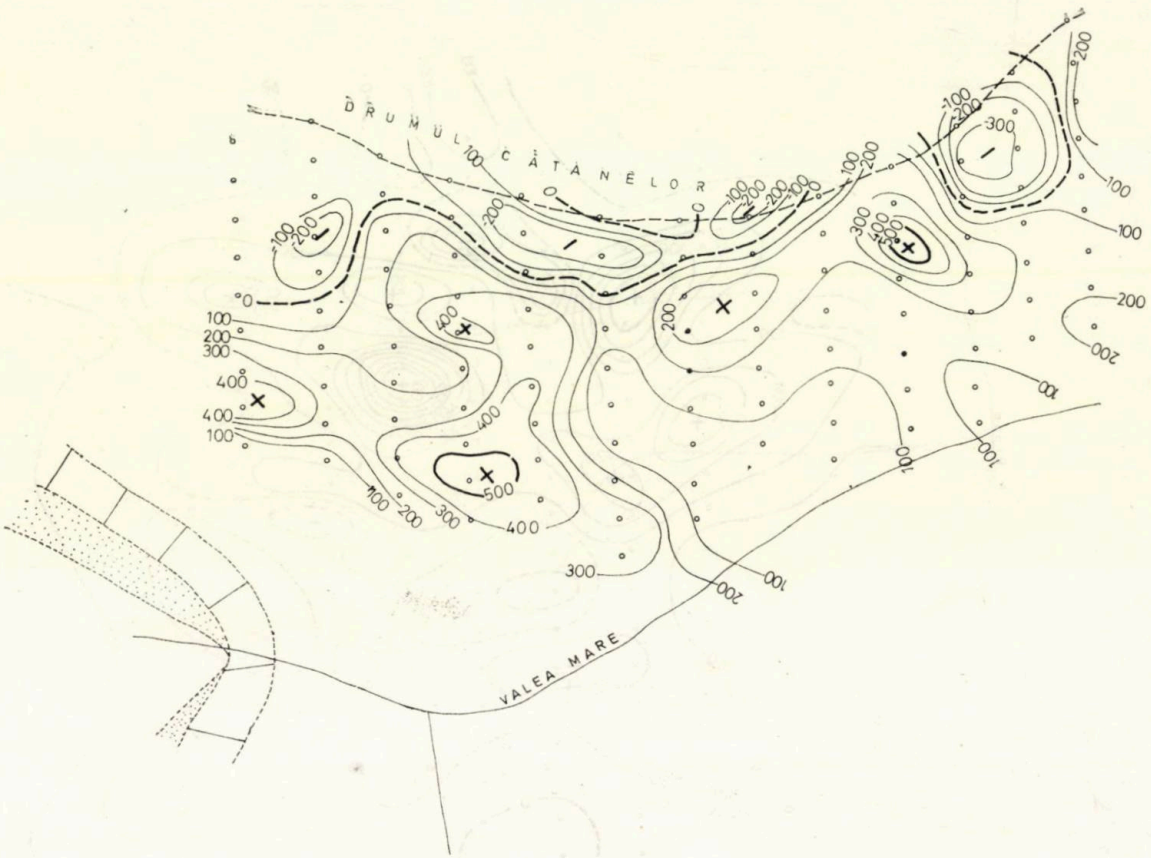



Fig. 4. Schița ΔT din zona Valea Mare.

cipal de magnetit-hematit, din orizontul bazal al seriei de Tulișa.

Datele magnetice din zonele studiate, evident asemănătoare cu rezultatele din zona Dîlma Mare, susțin ipoteza geologică după care sub orizontul de calcare se dezvoltă orizontul metapsamitic și metapsefitic cu conținut de minerale de fier, care în majoritatea cazurilor este depășit transgresiv de către orizontul de calcare.

## III. Considerații privind substanțele minerale utile

Așa cum s-a menționat mai sus, în cadrul formațiunilor studiate în zona Munților Vîlcan s-au întîlnit mineralizații și roci care sub aspect economic pot prezenta interes în vederea valorificării lor. Aceste substanțe minerale utile sînt reprezentate prin oxizi și sulfuri de fier, cuarț, grafit și calcare.

1. *Caracterizarea geologico-structurală*

Mineralizațiile de fier sînt situate la baza seriei de Tulișa, la nivelul metaconglomeratelor, metacuarțitelor și metaarcozelor, avînd un caracter regional discontinuu și lenticular.

Cercetările noastre au permis conturarea în perimetrul explorat a patru structuri sinclinale de amploare locală, alcătuite din formațiuni purtătoare de mineralizație și reprezentînd martori de eroziune ai acestei serii.

Aceste structuri sînt situate în partea sudică a perimetrului, în zona crestei alpine a masivului Vîlcan, la Pasul Vîlcan (sinclinalul Cartianului), în Dealul lui Frate (sinclinalul Coarnele — Dealul lui Frate), la Piscul Rusesc și la Vîrful Negrele (sinclinalul Pietrele Înșirate). Observațiile s-au axat, în mod deosebit, asupra ivirilor din cadrul primelor două sinclinale, mai promițătoare din punct de vedere economic.

Sub raport petrografic și mineralogic, se constată că nivelul cuarțitic-conglomeratic se prezintă cu o constituție eterogenă, cel conglomeratic interpătrunzînd intim pe cel cuarțitic-arcozian, iar componentul feruginos fiind reprezentat prin excelență de limonit, care participă în proporție considerabilă numai la alcătuirea cimentului.

Referitor la sinclinalul Cartianului, care este cel mai dezvoltat, menționăm că el apare evident bordat cartografic de orizontul bazal calcaros (orizont reper), care depășește frecvent transgresiv orizontul blastopsamitic purtător de mineralizații.

Observațiile magnetometrice au confirmat supozițiile noastre prin evidențierea unor anomalii locale similare cu cele din zona Dîlma

e (Cîmpul lui Neag) și care indică prezența rofunzime a unei mineralizații probabil de gnetit-hematit*.

situație aproximativ similară se constată n cazul structurii sinclinale din Vîrful Coar- — Dealul lui Frate, unde orizontul bazal stopsamitic-blastopsefitic, asociat cu cel cal- os și acoperit de unul cloritos-grafitos, aflo- ză pe grosimi de cîțiva metri. Și aici, ace- și măsurări geofizice au confirmat presupu- ile noastre, evidențiindu-se existența unui p anomal intens la nord de aflorimentul limonit.

P i r i t a apare în formațiunile sericito-clo- base ale orizontului mediu din seria de Tu- , în versantul drept al Văii Braia, imediat aval de captarea de apă a minei Lupeni. i a fost identificat un afloriment cu o con- trație mai importantă, extins pe o deschi- e de aproximativ 8—10 m. Pirita se pre- tă în cuiburi, șnururi sau cristale izolate, persate în rocă de-a lungul unei fracturi de portanță locală. Șisturile sînt alterate hidro- mal și silicifiate.

Q u a r ț u l apare sub formă de numeroase curi detașate de dimensiuni variabile (ordi- decimetrilor și pînă la metri), între forma- nile orizontului inferior al seriei de Lainici- iuș, în special în zona de șes alpin. Unele ocuri au fost transportate pînă în zona cursu- inferior al principalelor văi transversale n zonă. Cuarțul este alb-lăptos, relativ com- ct, diaclazat superficial, rar pigmentat de ionit, căruia, cu totul accesoriu, i se adaugă eori sericit, clorit, feldspat etc. Prezintă o ritate relativ ridicată. Blocurile de cuarț t ușor accesibile și posibil de valorificat.

G r a f i t u l apare în șisturile grafitoase care t intercalate între șisturile negre ale orizon- lui mediu din seria de Tulișa, aflorînd mai re- ezentativ pe cursul mediu al văilor Sohodol, leia și Căprișoara. Se reliefează mai evi- nt în versantul drept al Văii Baleia, prin por- turi și alunecări de teren și o colorație gene- lă neagră conferită terenului.

C a l c a r e l e apar izolat sub forma de ma- ve recifale tithonic-neocomiene, reprezen- nd relicte ale cuverturii sedimentare jurasic- etacice inferioare, dispuse transgresiv peste sturile seriei de Tulișa și retezate de planul ctonic getic. Calcarele sînt masive, cenușii- bicioase, în bază ușor bituminoase, adesea aclazate, uneori slab roșcate datorită oxi- lor reziduali de fier. Se întîlnesc în nordul rimetrului cercetat, fiind mai dezvoltate între ile Baleia și Sohodol. Au o structură de mo- oclin și înclinări mici către nord și grosimi nă la 300—400 m. Ele reprezintă o sursă po- nțială considerabilă pentru industria mate- alelor de construcții cît și pentru construcții de interes local. Menționăm, de asemenea, faptul că în aceste calcare se remarcă prezența unei peșteri de dimensiuni apreciabile cu ieșirea în Valea Baleia și care poate fi ușor amenajată ca depozit frigorific natural.

2. *Caracterizarea mineralogică a mineralizațiilor de fier*

În zona cercetată se observă o intensă invadare a rocilor cu minerale din grupa oxizilor de fier hidratați. Dintre aceștia am putut distinge, cu ușurință, goethitul și lepidocrocitul. În plus, putem afirma că o mare parte din oxizii de fier existenți i-am considerat ca aparținînd categoriei de hidroxizi de fier cunoscută cu numele generic de limonit (goethit + hidrogoethit + hidroxizi de aluminiu).

Modul de apariție al acestor minerale este destul de variat.

L i m o n i t u l ($HFeO_2$) reprezintă mase de oxizi de fier hidratați care prezintă fenomene de izotropie și reflexe interne evidente de culoare brun-roșcată. Aceste minerale apar cel mai des umplînd golurile din roca ce a suferit un intens fenomen de alterare. Limonitul participă în proporție mare la constituirea cimentului feruginos al metaarcozelor (fig. 5). Cimentul limonitic este întîlnit, atît în metabreciile cu elemente mari (fig. 6), cît și în cele care se insinuează pe fisurile de diferite dimensiuni din rocă. În cimentul feruginos am putut distinge și zone constituite în mare parte din goethit.

G o e t h i t u l ($HFeO_2$) este un mineral foarte răspîndit. Cel mai des apare sub forma de depuneri colomorfe, fiind asociat și cu lepido-

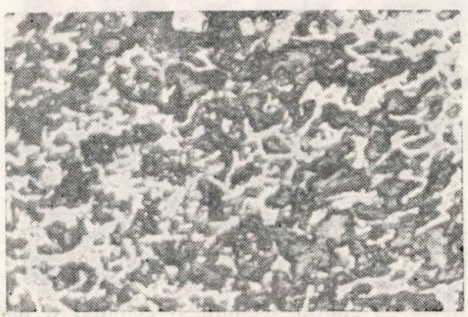


Fig. 5. Metaarcoză cu ciment de limonit (alb), 60×.

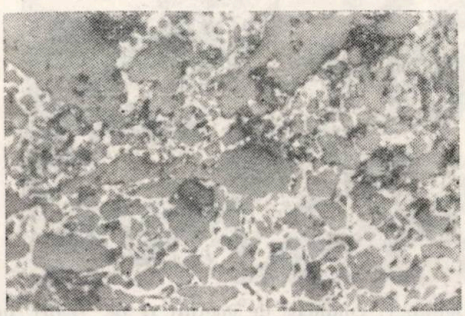


Fig. 6. Brecie cu ciment de limonit (alb), 60×

* Ibidem, p. 5.

crocitul (fig. 7). Aceste structuri sînt uşor observabile, mai ales cînd mineralul umple golurile de diferite forme din rocă sau participă la cimentarea metaclastitelor (fig. 8 şi 9).

Lepidocrocitul (FeO(OH)) însoţeşte goethitul în majoritatea situaţiilor. Modul de apariţie este permanent acelaşi, formînd coroane marginale în golurile rocii umplute cu goethit. Aceste coroane sînt constituite din cristale fine de lepidocrocit (fig. 8). Modul de

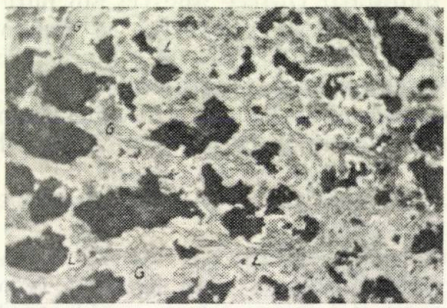


Fig. 7. Depuneri colomorfe de goethit *G* şi lepidocrocit *L*, 60×.

Fig. 8. Brecie cu ciment de goethit *G* şi lepidocrocit *L*, 60×.

Fig. 9. Brecie cu ciment goethitic *G* coloidal şi pirită *P*, 60×.

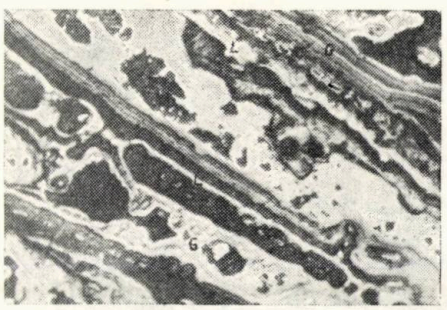


Fig. 10 Depuneri coloidale de goethit *G* pe fisuri în rocă lepidocrocit *L*, 60×

apariţie al acestor două minerale este foa spectaculos cînd goethitul se insinuează fisuri dînd naştere unor texturi caracterist în benzi, unde goethitul este colomorf (fig. 1 Lepidocrocitul tapisează golurile mai mari rocă, fiind evidente cristalele sale fine. Cor nele marginale ale acestui mineral sînt e dente şi cînd depunerile coloidale de goet sînt foarte fine.

Pirita a fost întîlnită foarte rar sub for de mici fragmente. Dimensiunile acestora s foarte reduse, nedepăşind 0,01 mm. Re tele sporadice de pirită, deşi sînt cel mai înconjurate de depuneri coloidale de goet şi de cristale fine de lepidocrocit, nu pot j tifica aprecierea că aceste minerale secund de hidroxizi de fier s-ar fi format pe sea acestor pirite.

## Concluzii

Studiul a avut permanent în vedere iden ficarea în loc şi evaluarea importanţei mine lizaţiei de fier legată spaţial şi genetic de o zontul bazal al seriei de Tulişa.

Prezenta cercetare a fost iniţiată pe ba existenţei acestui orizont bogat mineraliz din zona Dîlma Mare — Cîmpul lui Neag, şi a dezvoltării regionale discontinue a ace tuia.

În aria cercetată s-au identificat patru zo izolate în care apar orizonturile purtătoare mineralizaţie, din care două (sinclinalul Ca tianului şi Muntele Coarnele — Dealul lui Fr te) au o extindere şi posibilităţi de dezvolta confirmate şi de cercetările magnetometric

Cu toate că ne-am ocupat, în mod specia de mineralizaţiile de fier, am acordat atenţ şi altor substanţe minerale utile (cuarţ, grafi calcare) pentru care am prezentat observaţii noastre.

Din elementele geologice şi datele cuprinse î capitolul de geologie economică consideră necesar a se acorda atenţie următoarelor a pecte.

**a.** Proiectarea unor cercetări prin foraje orizontului bazal al seriei de Tulişa pe sincl nalul Cartianului (Pasul Vîlcan), cît şi a unc explorări cu şanţuri şi condiţionat prin foraj la obîrşia pîrîului Braia.

**b.** Iniţierea unor cercetări detaliate pentr grafit (Valea Baleia în rîpa de sub Piatra Ra dului, cota 800 m), pentru cuarţ (Culme Mutu între Vîrful Straja şi Dealul lui Frat acumulările de blocuri din şesul aluvial al aflu enţilor Văii Jiului), ca şi pentru calcarele t thonic-neocomiene (interfluviile dintre văil Braia şi Sohodol).

**Bibliografie**

Almăşan, B. ş.a. *Asupra perspectivelor mineralizaţiilor de fier din zona Dîlma Mare — Retezat.* Com. Ses. St. Universitatea din Bucureşti, 1980.

Manolescu, Gh. *Studiul geologic şi petrografic al regiunii Văii Jiului.* Acad. Rom., Secţ. St., seria III, Bucureşti, 1937.

Mutihac, V. *Stratigrafia şi structura geologică a sedimentarului danubian din nordul Olteniei (între V. Motrului şi V. Jiului).* DDS, vol. L/1, Bucureşti, 1962–1963.

Năstăseanu, S. *Conglomeratele din Retezat-Carpaţii Meridionali.* DDS, vol. LXII, Bucureşti, 1974–1975.

Pavelescu, L. *Studiul geologic şi petrografic al regiunii centrale şi de sud-est a Munţilor Retezat.* Arh. Com. Geol., vol. XXV, Bucureşti, 1953.

Pavelescu, L. şi Pavelescu Maria *Geologia şi petrografia Văii Jiului Românesc între Oslea şi Petroşani.* An. Com. Geol., vol. XXXIII, Bucureşti, 1964.

[7] Popescu, Gh. ş.a. *Studiul formaţiunii de Schela în sectorul Jiu–Jieţ în vederea stabilirii potenţialului pentru antracit şi pirofilit.* Com. Ses. St. Universitatea din Bucureşti, 1980.

[8] Solomon, I., Pop, Al. *Asupra prezenţei unor minerale relicte în formaţiunile epiclastice ale serie de Tulişa din partea de nord-est a Munţilor Retezat.* DDS, Inst. Geol., vol. LIX/partea I, Bucureşti 1973.

[9] Solomon, I., Visarion Aneta, Iordan Magdalena *Consideraţii asupra formaţiunilor cristalofiliene şi metamorfice din Munţii Vîlcan şi Munţii Retezat.* DDS, vol. LXII/partea 5, Bucureşti, 1973–1975.

[10] Stănoiu, I. *Contribuţii la stratigrafia formaţiunilor paleozoice din versantul nordic al Munţilor Vîlcan (Carpaţii Meridionali) cu implicaţii asupra părţii externe a autohtonului danubian.* Inst. Geol. Geogr., DS LXII/partea 5, Bucureşti, 1976.

# O nouă metodă de proiectare a exploatării zăcămintelor de ţiţei în regim mixt

Conf. dr. ing. **C. Gh. Popa**
Institutul de petrol şi gaze Ploieşti

## Introducere

Dacă un zăcămînt de ţiţei nesaturat are un ifer activ, dar nu suficient ca să asigure n destinderea sa un aport care să satisfacă inţele impuse de producţie, atunci presiunea die de zăcămînt scade sub presiunea de saraţie. Acţiunea acviferului se manifestă în ntinuare dar, avînd în vedere că sub presiua de saturaţie încep să iasă gazele din solu-, producţia obţinută se bazează, atît pe fe-menul de dezlocuire a ţiţeiului de către apa trunsă din acvifer în zona productivă, cît pe fenomenul de dezlocuire a ţiţeiului de tre gazele ieşite din soluţie şi care se destind. În vederea estimării cantităţii de ţiţei exse într-un asemenea proces, este necesar, adar, să se cunoască, atît aportul acviferui, cît şi efectul destinderii gazelor ieşite din luţie. Problema nu este însă aşa de simplă m apare la prima vedere, întrucît, dacă la a actuală, prin modelele cunoscute se poate tima relativ uşor care este efectul ieşirii zelor din soluţie în fenomenul de dezlocuire ţiţeiului, nu acelaşi lucru se poate spune des-e efectul apei provenite din acvifer. Acest ect nu este îndeajuns cunoscut nu pentru că uaţiile care descriu acest fenomen nu ar fi noscute, ci pentru că, pînă în prezent, nieni nu alocă fonduri pentru o cercetare adecată prin sonde a acviferului adiacent şi care permită estimarea unor parametri caracteistici ai acestei zone. Nu se cunosc cazuri de săpare de sonde care să contureze un acvifer al unui zăcămînt, informaţiile de această natură fiind obţinute indirect sau eventual prin sonde care au traversat întîmplător această zonă. Şi astfel, în cazul proiectării zăcămintelor cu acvifer activ, fiind necesară cunoaşterea parametrilor caracteristici, nu numai pentru zona productivă, ci şi pentru acvifer, se recurge la metode care, bineînţeles, se bazează pe o serie de ipoteze simplificatoare şi care, de multe ori, nu-şi găsesc o verificare ulterioară.

Este evidentă deci necesitatea elaborării de noi modele care, luînd în considerare cunoştinţele acumulate în istoricul de exploatare,

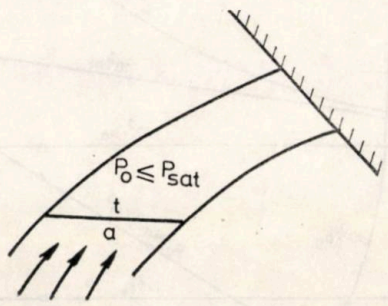



Fig. 1. Zăcămîntul de ţiţei cu acvifer parţial activ.

să evite apelul la ipoteze simplificatoare, permiţînd descrierea cît mai fidelă a performanţelor viitoare ale unor astfel de zăcăminte.

Prezenta lucrare prezintă metoda generală şi un exemplu de proiectare a exploatării zăcă-

cămintelor în regim mixt, dar, printr-o ușoară modificare a ecuațiilor scrise, metoda expusă permite și stabilirea unor parametri caracteristici ai acviferului, pe baza analizei performanțelor zăcămîntului pe perioada istoricului de exploatare.

Metoda poate fi ușor aplicată, de asemenea, pentru proiectarea exploatării în regim de gaze dizolvate a unui zăcămînt care a fost sau nu exploatat anterior prin injecție de apă și chiar [1; 2] prin completarea sistemului de ecuații, pentru proiectarea exploatării în regim mixt a zăcămintelor cu cupolă primară de gaze. Evident, modelul propus poate fi utilizat și pentru proiectarea în regim mixt a zăcămintelor exploatate prin injecție de apă sub bilanț la o presiune mai mică decît presiunea de saturație.

## II. Modelul matematic

Fie un zăcămînt de țiței fără cupolă primară de gaze, dar avînd un acvifer parțial activ (fig. 1). Volumul brut al zonei productive este $V$, porozitatea medie pe zăcămînt este $m$, iar saturația inițială în țiței este $S_{to} = 1 - S_{ai}$, unde $S_{ai}$ este saturația medie în apa interstițială. Se consideră presiunea inițială a zăcămîntului egală cu presiunea de saturație $P_{sat}$ caracteristicile mediului fluid și variația acestora cu presiunea fiind reprezentată în figura 2. Acviferul fiind parțial activ la momentul $t$ din exploatarea zăcămîntului, presiunea medie pe zăcămînt, $P$ devine mai mică decît presiunea de saturație $P_{sat}$. Aceasta determină ieșirea gazelor din soluție la o valoare $S_g$. Pe de altă parte, activitatea acviferului provoacă inundarea zonei productive cu un de de apă $Q_a^*$, ceea ce conduce la creșterea sa rației în apă în zona productivă, astfel că momentul $t$, saturația medie în apă în z productivă devine $S_a$.

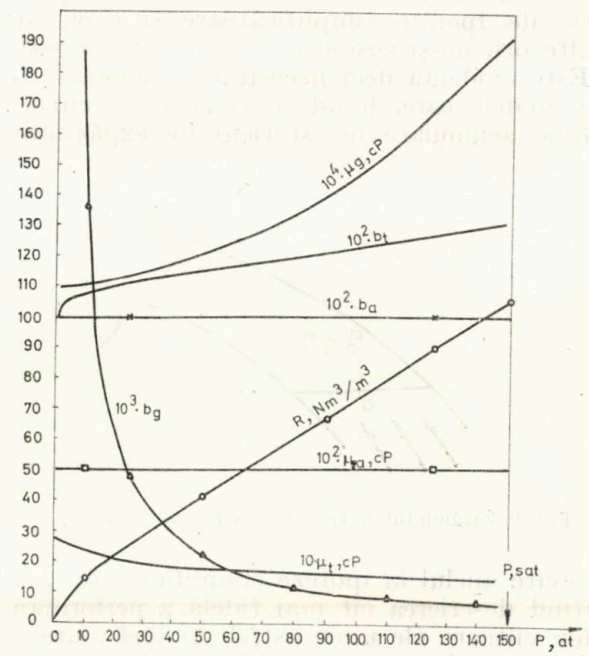



Fig. 2. Variația proprietăților mediului fluid cu presiunea la temperatura medie de zăcămînt.

La momentul $t$ din exploatarea zăcăm tului se pot scrie deci următoarele ecuații bilanț material:

- pentru faza țiței:

$$Q_t + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_0^V m \cdot \frac{S_t}{b_t} \cdot \mathrm{d}V = 0$$

- pentru faza gaze:

$$Q_g + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_0^V m \cdot \left[\frac{S_g}{b_g} + R \cdot \frac{S_t}{b_t}\right] \cdot \mathrm{d}V = 0$$

- pentru faza apă:

$$Q_a^* + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_0^V m \cdot \frac{S_a}{b_a} \cdot \mathrm{d}V = 0$$

unde, evident:

$$S_a + S_t + S_g = 1$$

Considerînd zăcămîntul de țiței macrou form, se poate adopta un model zerodimens nal, astfel că în orice punct al zonei producti există la momentul $t$ aceeași presiune $P$ aceleași saturații $S_a$, $S_t$, $S_g$. În această ip teză, relațiile (1)—(3) devin:

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{S_t}{b_t}\right) = -\frac{Q_t}{m \cdot V}$$

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{S_g}{b_g} + R \cdot \frac{S_t}{b_t}\right) = -\frac{Q_g}{m \cdot V}$$

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{S_a}{b_a}\right) = -\frac{Q_a^*}{m \cdot V}$$

unde debitele $Q$ sînt considerate pozitiv pentru extracție și negative pentru injecț de fluid în mediul poros.

## III. Metoda propusă pentru proiectarea explo tării zăcămîntului în regim mixt

Avînd în vedere variația presiunii și a satu rațiilor în mediul poros, debitul de țiței produ va evolua conform relației:

$$Q_t^{n+1} = Q_t^n \cdot \frac{\left(\frac{k_t}{\mu_t \cdot b_t}\right)^{n+1}}{\left(\frac{k_t}{\mu_t \cdot b_t}\right)^n}$$

laţie dedusă pe seama indicelui de productivi-
te scris la două momente succesive $t_n$ şi
$_1$, unde $k_t$ reprezintă permeabilitatea rela-
vă pentru ţiţei în curgerea multifazică.

Pe baza relaţiei care defineşte raţia in-
antanee gaze-ţiţei se poate, de asemenea,
rie, la orice moment, relaţia :

$$Q_g = Q_t \cdot \left[ R + \frac{k_g}{k_t} \frac{\mu_t \cdot b_t}{\mu_g \cdot b_g} \right] \qquad (9)$$

Debitul de apă $Q_a^*$, pătruns din acvifer
rămas în zona productivă, este dat de va-
aţia în timp a volumului de apă pătruns din
vifer în zona productivă $W$, mai puţin vo-
mul de apă extras $w$, ceea ce se poate scrie
b forma :

$$Q_a^* = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(W - w) = Q_{inj} - Q_a \qquad (10)$$

nde $Q_{inj} = \dfrac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}t}$ reprezintă debitul de apă
ovenit din acvifer, iar $Q_a = \dfrac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}t}$ repre-
ntă debitul de apă extrasă. În ceea ce pri-
şte debitul de apă extrasă, trebuie remar-
t că acesta se supune variaţiei indicelui de
oductivitate, depinzînd de saturaţia în apă
şi de presiunea $P$, existentă în mediul poros,
tfel că pentru două momente succesive există
laţia :

$$Q_a^{n+1} = Q_a^n \cdot \frac{\left(\dfrac{k_a}{\mu_a \cdot b_a}\right)^{n+1}}{\left(\dfrac{k_a}{\mu_a \cdot b_a}\right)^{n}} \qquad (11)$$

Cît priveşte însă debitul de apă $Q_{inj}$ pro-
enit din acvifer, acesta depinde de variaţia
n timp a cumulativului $W$ de apă pătrunsă
in acvifer în zona productivă. În general,
mulativul de apă pătrunsă din acvifer în
ona productivă este o funcţie de presiune,
imp şi caracteristicile mediului, ceea ce se
oate scrie sub forma :

$$W = c \cdot \Phi(P, t) \qquad (12)$$

nde $\Phi$ este o funcţie care depinde de presiu-
ea $P$ şi timpul $t$ dar şi de caracterul curgerii
n acvifer (staţionar sau nestaţionar), precum
i de condiţiile la limită, iar $c$ este o constantă
are este funcţie de caracteristicile mediului
luid şi solid al acviferului care înglobează, la
el ca şi $\Phi$, geometria curgerii. Aşadar $W$ este
o funcţie complexă şi pentru determinarea ei
ste necesar să se recurgă la o serie de ipoteze
simplificatoare. Una dintre acestea este ipo-
teza sondei centrale care, pentru estimarea debitului şi respectiv cumulativului de apă pătruns din acvifer în zona productivă, nu ţine seama de variaţia saturaţiilor în zona productivă. De exemplu, în ipoteza curgerii staţionare în acvifer, se poate scrie :

$$W_n = c_s \cdot \sum_{j=1}^{n} \left( P^0 - \frac{P^{J-1} + P^J}{2} \right) \cdot (t_J - t_{J-1}) \qquad (13)$$

ceea ce reprezintă cumulativul de apă pătrunsă din acvifer în zona productivă (mai bine zis trecut prin peretele sondei centrale), pînă la momentul $t_n$.

Este interesant de remarcat că, utilizînd diferenţele finite în locul diferenţialei exacte, se poate scrie la orice moment $t_n$ :

$$Q_{inj}^n = \frac{\Delta W}{\Delta t} = c_S \cdot \left( P^0 - \frac{P^{n-1} + P^n}{2} \right) \qquad (14)$$

unde $P^n$ este presiunea la peretele sondei centrale şi deci, în cazul de faţă, presiunea medie pe zăcămînt, la momentul $t_n$.

Cu acestea, sistemul format din ecuaţiile (4)—(7), în urma efectuării derivatelor, se poate scrie sub forma matriceală :

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dfrac{\mathrm{d}S_t}{\mathrm{d}t} \\ \dfrac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}t} \\ \dfrac{\mathrm{d}S_a}{\mathrm{d}t} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{vmatrix} \qquad (15)$$

unde s-a notat :

$$a_{11} = \frac{1}{b_t} \; ; \quad a_{12} = s_t \cdot \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}P}\left(\frac{1}{b_t}\right);$$

$$a_{13} = 0 \; ; \quad b_1 = -\frac{Q_t}{m \cdot V}$$

$$a_{21} = -\frac{1}{b_g} + R \cdot \frac{1}{b_t} \; ; \quad a_{22} = S_g \cdot \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}P}\left(\frac{1}{b_g}\right) +$$

$$+ S_t \cdot \frac{1}{b_t} \cdot \frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}P} + R \cdot S_t \cdot \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}P}\left(\frac{1}{b_t}\right) \; ; \quad a_{23} = -\frac{1}{b_g} \; ;$$

$$b_2 = -\frac{Q_g}{m \cdot V} \; ; \quad a_{31} = 0 \; ; \quad a_{32} = S_a \cdot \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}P}\left(\frac{1}{b_a}\right);$$

$$a_{33} = \frac{1}{b_a} \; ; \quad b_3 = \frac{Q_{inj} - Q_a}{m \cdot V} \, .$$

Scriind sistemul (15) la un moment $t_n$ al exploatării sub forma:

$$A^n \cdot X^n = B^n \tag{16}$$

matricea $A$ și vectorul termenilor liberi $B$ pot fi evaluați la momentul $t_n$, întrucît la acest moment se cunoaște, în fiecare punct al zăcămîntului, atît presiunea $P^n$ cît și saturațiile $S_a^n$, și respectiv $S_g^n$.

Prin rezolvarea sistemului (16) (de exemplu prin metoda lui Gauss), se evaluează vectorul $X^n$ care conduce deci la aflarea valorilor:

$$\left(\frac{dS_t}{dt}\right)^n, \quad \left(\frac{dP}{dt}\right)^n \quad \text{și} \quad \left(\frac{dS_a}{dt}\right)^n.$$

Aplicînd metoda lui Euler, se pot ușor determina, pentru momentul:

$$t_{n+1} = t_n + \Delta t \tag{17}$$

valorile:

$$S_t^{n+1} = S_t^n + \left(\frac{dS_t}{dt}\right)^n \cdot \Delta t \tag{18}$$

$$P^{n+1} = P^n + \left(\frac{dP}{dt}\right)^n \cdot \Delta t \tag{19}$$

$$S_a^{n+1} = S_a^n + \left(\frac{dS_a}{dt}\right)^n \cdot \Delta t \tag{20}$$

iar conform relației (4):

$$S_g^{n+1} = 1 - S_a^{n+1} - S_t^{n+1} \tag{21}$$

Pentru rezolvarea sistemului (15) trebuie cunoscut, așa cum rezultă din relația (14), care este constanta acviferului, în funcție de care se determină, la orice moment $t_n$, debitul de apă $Q_{inj}$.

Sistemul (15) poate fi scris și rezolvat la o succesiune de momente din dezvoltarea exploatării, permițînd determinarea dinamicii presiunii și a saturațiilor. Cu acestea, prin intermediul relațiilor de permeabilitate relativă și folosind relațiile (8), (9) și (11), se poate determina și dinamica debitelor de țiței, apă și gaze și deci implicit a rației apă-țiței și gaze-țiței.

Cunoscînd dinamica debitului de țiței se poate ușor determina, prin integrare numerică, dinamica cumulativului de țiței extras și a factorului de recuperare.

Calculele de proiectare vor continua pînă la atingerea presiunii de părăsire a exploatării, sau pînă la atingerea unui debit limită de țiței extras.

## IV. Aplicație pentru proiectarea exploatării regim mixt a unui zăcămînt de țiței

Fie un zăcămînt de țiței (fără cupolă gaze) de volum brut $V = 80{,}633 \times 10^6$ m$^3$, porozitate $m = 0{,}146$ și saturație $S_{ai} = 0{,}25$ $S_{to} = 1 - S_{ai} = 0{,}744$. Presiunea inițială zăcămînt este 150 at și este egală cu presiun de saturație, astfel că variația proprietăți mediului fluid cu presiunea arată ca în figu 2. Curbele de variație a permeabilităților re

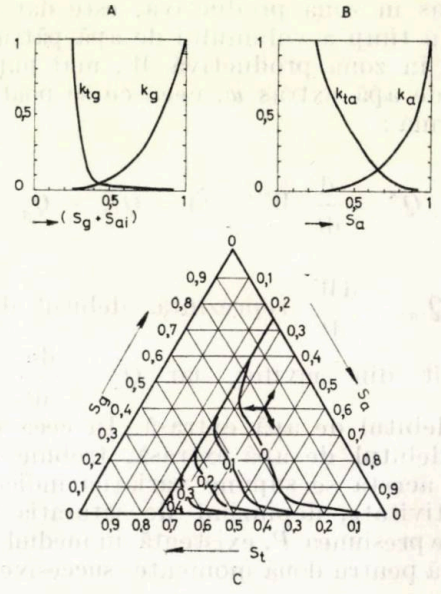



Fig. 3. Variația permeabilităților relative cu saturația:
*A* — pentru curgerea gaze-țiței; *B* — pentru curgerea apă-țiței; *C* — izopet pentru țiței în curgerea trifazică apă-țiței-gaze.

tive cu saturația sînt reprezentate în figura Avînd în vedere faptul că în regimul mixt d exploatare a zăcămîntului poate apărea, f o curgere bifazică (gaze-țiței sau apă-țiței fie o curgere trifazică (gaze-țiței-apă), acest curbe trebuie să acopere fiecare din aceste ca zuri. S-a făcut astfel apel la teoria lui Ston [4], conform căreia variația permeabilităților relative pentru faza apă și faza gaze este, î curgerea trifazică, aceeași ca în curgerea bifa zică, depinzînd numai de saturația în faza re pectivă, singură permeabilitatea relativă pen tru faza țiței fiind diferită în cazul curger trifazice. În acest caz, permeabilitatea rela tivă pentru faza țiței depinde de raportul între saturațiile existente în mediul poros în cel trei faze. Pe baza unui model probabilistic Stone a propus, cu rezultate în bună concor danță cu realitatea, ca permeabilitatea rela tivă pentru țiței în curgerea trifazică să se cal culeze cu relația:

$$k_t = (k_{tg} + k_g) \cdot (k_{ta} + k_a) - (k_g + k_a) \tag{22}$$

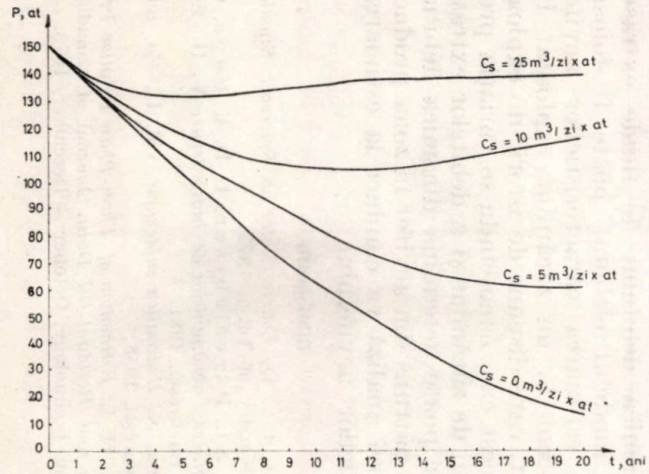



Fig. 4. Variația în timp a presiunii medii pe zăcământ.

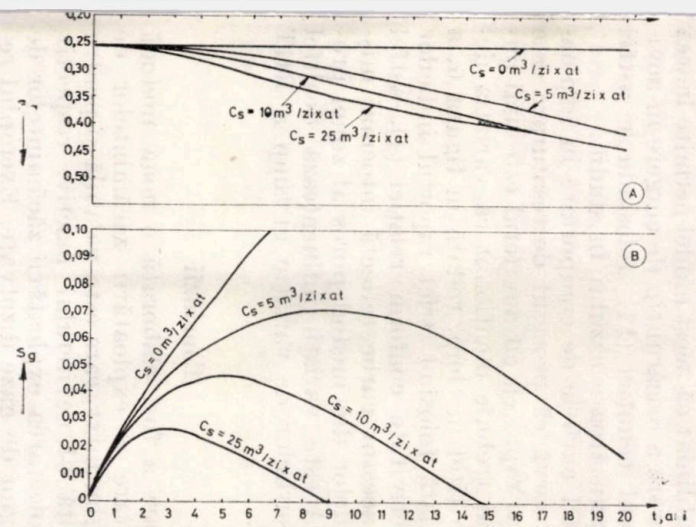



Fig. 5. Variația în timp a saturației medii pe zăcământ :
*A* — în faza apă ; *B* — în faza gaze, pentru diferite valori ale constantei acviferului $c_g$.

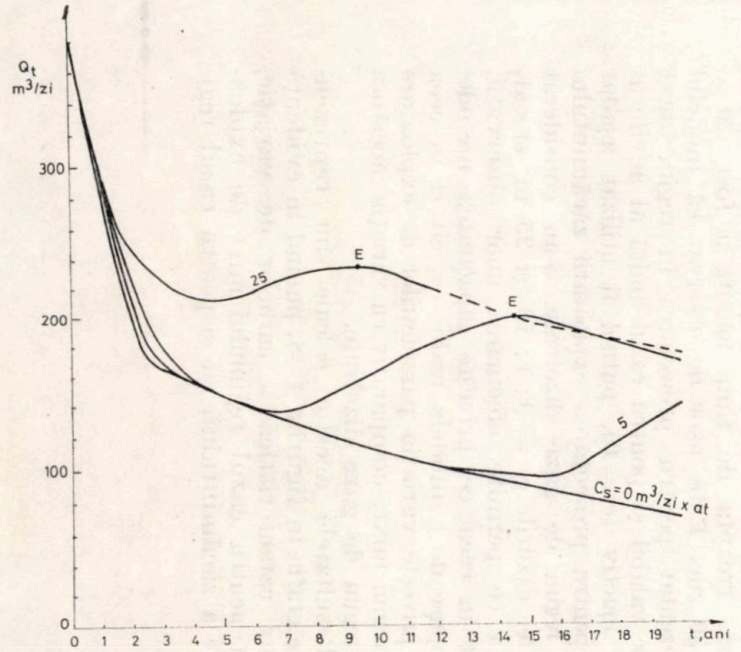



Fig. 6. Variația în timp a debitului de țiței extras din zăcământ pentru diferite valori ale constantei acviferului $c_g$. Punctul *E* marchează momentul epuizării gazelor libere ($S_g = 0$).

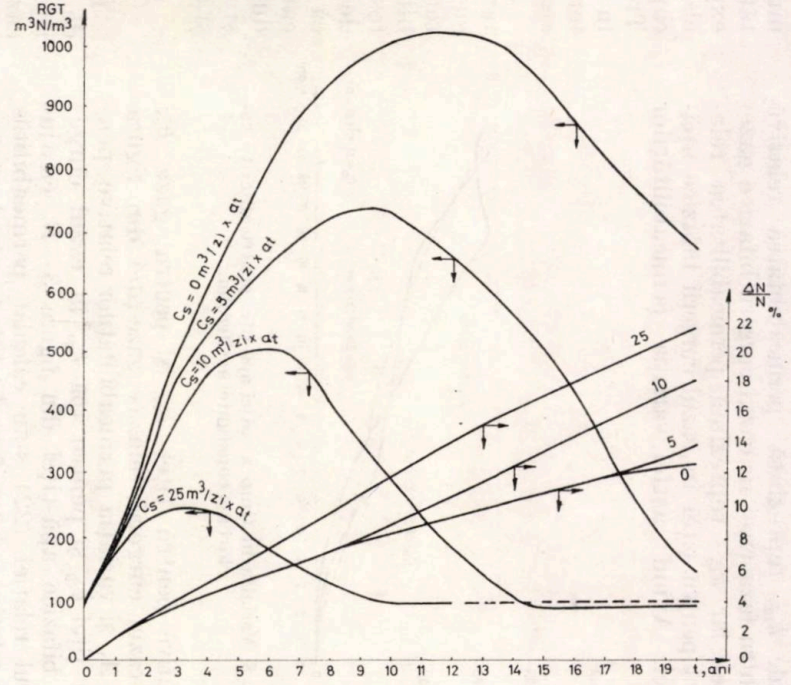



Fig. 7. Variația în timp a factorului de recuperare a țițeiului și a rației gaze-țiței pentru diferite valori ale constantei acviferului.

unde $k_{tg}$ reprezintă permeabilitatea relativă pentru faza țiței în cazul curgerii bifazice gaze-țiței, iar $k_{ta}$ reprezintă permeabilitatea relativă pentru țiței în cazul curgerii bifazice apă-țiței. Avînd astfel variația permeabilităților

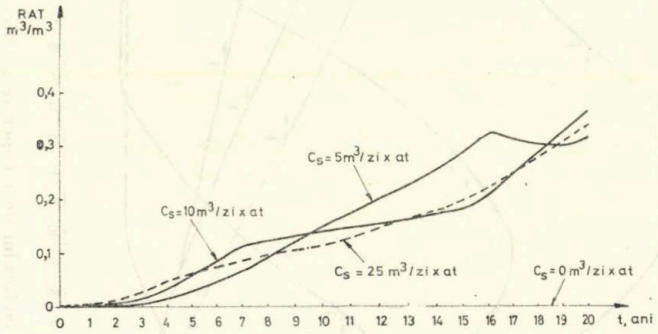



Fig. 8. Variația în timp a rației apă-țiței pentru diferite valori ale constantei acviferului.

relative pentru țiței $k_{tg}$ și pentru gaze $k_g$, în cazul curgerii bifazice gaze-țiței din figura 3—*A*, și variația permeabilităților relative pentru țiței $k_{ta}$ și pentru apă $k_a$, în cazul curgerii bifazice apă-țiței din figura 3—*B*, cu ajutorul relației (22) s-au calculat permeabilitățile relative pentru faza țiței $k_t$ în cazul curgerii trifazice, pentru diferite combinații de saturații, ceea ce a permis trasarea izopermelor din figura 3 *c*.

Calculele de proiectare a exploatării zăcămîntului în regim mixt s-au făcut cu ajutorul unui program Fortran, pe calculatorul Felix pentru diferite constante ale acviferului adiacent, în care s-a considerat curgerea staționară. Treapta de timp folosită a fost $\Delta t = 30$ zile. Este ușor de observat că modelul prezentat pentru proiectarea în regim mixt este valabil și pentru cazul limită al acviferului inactiv ($c_s = 0$), putînd fi utilizat așadar și pentru proiectarea exploatării zăcămîntului în regim de gaze dizolvate. S-au considerat astfel cazurile $c_s = 0\,;\ 5\,;\ 10$ și 25 $m^3/zi \times at$, ceea ce permite efectuarea unor observații, atît în ceea ce privește capacitatea metodei propuse de a modela realitatea, cît și în ceea ce privește variația parametrilor de exploatare în regim mixt, comparativ cu variația acestora în regim de gaze dizolvate.

Rezultatele acestor calcule sînt reprezentate grafic în figurile 4—8, punînd în evidență alura caracteristică a curbelor de variație, atît pentru cazul regimului mixt de exploatare a zăcămîntului, cît și pentru cazul regimului de gaze dizolvate, ceea ce denotă calitățile metodei propuse aici pentru proiectarea exploatării. În plus este de remarcat că metoda elaborată modelează, într-o manieră realistă, capacitatea elastică a acviferului adiacent. Trebuie subliniat că acest model permite luarea în considerare a oricărui tip de curgere în acvifer în locul ecuației (14) folosindu-se astfel cea corespunzătoare cazului în studiu.

Analizînd curbele de comportare în exploatare se observă că procesul de resaturare este cu atît mai rapid cu cît acviferul este mai puternic. Mai trebuie menționat că variația debitului de țiței în timp, redată în figura 6, a fost calculată folosind strict raportul indicilor de productivitate conform relației (4), astfel că alura acestor curbe reflectă întocmai mișcarea fluidelor din mediul poros al zonei productive. Aceste variații influențează dealtfel și alura curbelor de variație în timp a RGT și a RAT.

## Concluzii

În lucrare a fost elaborată o nouă metodă de proiectare a exploatării zăcămintelor de țiței în regim mixt, care este valabilă și pentru cazul limită al acviferului inactiv, respectiv pentru proiectarea exploatării zăcămintelor de țiței în regim de gaze dizolvate. Exemplul redat pentru proiectarea exploatării unui zăcămînt a scos în evidență avantajele folosirii modelului elaborat prin capacitatea sa de a lua în considerare, atît dinamica debitului de apă pătrunsă din acvifer în zona productivă, cît și dinamica debitului de fluide extrase. Totodată, modelul elaborat poate fi folosit și pentru estimarea caracteristicilor acviferului adiacent la un zăcămînt exploatat în regim mixt, care dispune de istoric de exploatare. În acest caz, cunoscîndu-se variația presiunii medii de zăcămînt și a debitelor extrase în timp, se poate determina dinamica debitului de apă pătruns din acvifer în zona productivă, a cărei analiză va conduce la estimarea caracteristicilor acviferului.

### Bibliografie


[1] Harris, Ch. D. *Course Notes on Reservoir Simulation*. University of Tulsa, 1975.

[2] Soare, Al., Pârcălăbescu, I. D. și Popa, C. Gh. *Ingineria zăcămintelor de hidrocarburi* V. II. Ed. tehnică, București, 1981.

[3] Cristea, N. *Hidraulica subterană*. Vol. II, Ed. tehnică, București, 1958.

[4] Stone, H. L. *Estimation of Three-Phase Relative Permeability and Residual Oil Data*. Journal of Canadian Petroleum Technology, October – December, 1973.

# Metodă de calcul pentru determinarea gradientului de presiune în curgerea amestecurilor bifazice în coloana țevilor de extracție a sondelor eruptive

Șef lucr. dr. ing. **V. Grigore**
Institutul de petrol și gaze Ploiești

## Introducere

Cercetările fundamentale și aplicative efectuate cu privire la curgerea amestecurilor bifazice în coloane de țevi de extracție au avut drept scop crearea unei baze științifice de studiere a erupției naturale și, în special, a erupției artificiale, permițînd în aceste cazuri o proiectare corectă a regimului tehnologic de funcționare al sondelor și al instalațiilor respective, care să conducă la un consum minim de energie în procesul de ascensiune. Acest lucru este determinat, în mare măsură, de posibilitatea de a dispune de curbe de variație a presiunii în lungul coloanelor de extracție a sondelor, cît mai corect construite, pentru cazul complex al curgerii bifazice.

Tocmai de aceea, specialiștii din industria extractivă de petrol au fost și sînt preocupați în permanență de găsirea unor metode cît mai complete care să permită analiza și evaluarea, cît mai exactă, a curgerii amestecurilor de țiței, gaze și apă prin coloane de țevi de extracție. Cercetările și experiențele efectuate în condiții de laborator și de șantier au condus la stabilirea unui număr relativ mare de teorii care au pus la dispoziție procedee pentru calculul gradienților de presiune necesari în determinarea variației presiunii în lungul acestor coloane, de la șiu la capul de erupție. Cum însă determinarea gradientului de presiune constituie o problemă destul de dificilă, una din direcțiile principale ale cercetărilor științifice a fost îndreptată către perfecționarea continuă a metodelor de studiu a ascensiunii amestecurilor bifazice în coloane de extracție, în vederea stabilirii cît mai exacte a valorilor acestui parametru.

Avînd la dispoziție o metodă de evaluare a gradientului de presiune cît mai precisă, curba de variație a presiunii, construită pe cale analitică, se va apropia de curba reală, construită prin măsurători directe la sondă, și astfel se va putea realiza o proiectare corectă a regimului de funcționare al sondelor eruptive și al instalațiilor care le echipează.

Plecînd de la această constatare și ținînd seama de realizările deosebite obținute în acest domeniu, avînd la bază totodată studiile și cercetările efectuate de autor, în cele ce urmează se va prezenta un mod de determinare a expresiei gradientului de presiune la curgerea verticală bifazică și o nouă corelație a factorului de frecare, care să fie aplicată pentru o gamă mai largă de condiții.

Pentru determinarea expresiei gradientului de presiune s-a apelat la ecuația gradientului de presiune pentru cazul general al curgerii iar corelația factorului de frecare a fost stabilită prin folosirea datelor de producție obținute de la sonde în erupție naturală și artificială în care, spre deosebire de alte teorii, rația gaze-lichid a fost considerată ca un parametru adițional de corelare. Totodată, s-a considerat factorul pierderilor de energie datorită ireversibilităților constant în lungul coloanei de extracție, iar curgerea ca fiind practic independentă de efectele vîscozității fluidelor. Metoda propusă nu ia în considerare regimurile sau modelele de curgere care pot să apară la deplasarea amestecurilor bifazice printr-o coloană de țevi verticale. De asemenea, nu s-a încercat o evaluare separată a diferitelor componente care alcătuiesc pierderile totale de energie.

## Stabilirea ecuației gradientului de presiune

Ecuația gradientului de presiune a fost stabilită pornind de la ecuația generală a gradientului de presiune care, pentru cazul particular al curgerii verticale, se scrie sub forma [4]:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}h} = \rho g + 4f\frac{\rho w^2}{2d} + \rho w\frac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}h} \qquad (1)$$

unde:

$\rho g$ este componenta gradientului datorită energiei potențiale sau modificării de poziție; aceasta se referă la faptul că termenul respectiv ar fi un gradient static;
$\rho$ — densitatea fluidului;
$g$ — accelerația gravitațională;
$4f\frac{\rho w^2}{2d}$ — componenta gradientului datorită pierderilor prin frecare;
$f$ — factorul de frecare adimensional;
$w$ — viteza fluidului;
$d$ — diametrul interior al coloanei de țevi de extracție;
$\rho w\frac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}h}$ — componenta gradientului datorită variației energiei cinetice sau accelerației;
$h$ — înălțimea punctului considerat față de un reper dat.

În cazul deplasării prin coloana de țevi de extracție a unui amestec bifazic $\rho = \rho_{am}$ și

$w = w_{am}$, astfel că ecuația (1) devine :

$$\frac{dp}{dh} = \rho_{am} g + 4f \frac{\rho_{am} w_{am}^2}{2d} + \rho_{am} w_{am} \frac{dw_{am}}{dh} \qquad (2)$$

unde :

$\rho_{am}$ este densitatea amestecului bifazic într-un punct din coloana de extracție la presiunea $p$, kg/m$^3$ ;

$w_{am}$ — viteza amestecului bifazic într-un punct din coloana de extracție, m/s.

Deoarece în timpul ascensiunii verticale a amestecurilor bifazice variația vitezei de curgere este în general mică, componenta gradientului de presiune datorită variației energiei cinetice are o valoare destul de redusă, dacă o comparăm cu ceilalți termeni ai ecuației gradientului total de presiune, și astfel termenul $\rho_{am} w_{am} \frac{dw_{am}}{dh}$ poate fi neglijat. În felul acesta ecuația (2) se reduce la :

$$\frac{dp}{dh} = \rho_{am} g + 4f \frac{\rho_{am} w_{am}^2}{2d} \qquad (3)$$

Avînd în vedere că pentru determinarea vitezei și densității amestecului bifazic se folosesc relațiile :

$$w_{am} = \frac{4Q_t v_{am}}{\pi d^2} \quad \text{și} \quad \rho_{am} = \frac{m}{v_{am}}$$

prin substituție în ecuația (3) se obține :

$$\frac{dp}{dh} = \rho_{am} g \left(1 + \frac{32f\, m^2 Q_t^2}{g\pi^2 d^5 \rho_{am}^2}\right) \qquad (4)$$

relație care reprezintă expresia ecuației gradientului de presiune pentru cazul curgerii verticale a amestecurilor bifazice,

unde :

$Q_t$ este debitul de țiței al sondei, m$^3$/24 h ;

$v_{am}$ — volumul pe care îl ocupă într-un punct din coloana de extracție, la o presiune și o temperatură dată, un metru cub de țiței mort împreună cu gazele și cu apa care îl însoțesc, kg/m$^3$ țiței mort ;

$m$ — masa unui metru cub de țiței mort, împreună cu gazele și cu apa care îl însoțesc, kg/m$^3$ țiței mort.

Dacă se notează cu :

$$K = \frac{32f\, m^2 Q_t^2}{g\pi^2 d^5 \rho_{am}^2}$$

atunci ecuația gradientului de presiune se exprimă astfel :

$$\frac{dp}{dh} = \rho_{am} g + K \rho_{am} g \qquad (5)$$

Sub forma diferențelor finite ecuația (5) se scrie :

$$\frac{\Delta p}{\Delta h} = \bar{\rho}_{am} g + \bar{K} \bar{\rho}_{am} g \qquad (6)$$

unde :

$$\bar{K} = \frac{32 f m^2 Q_t^2}{g\pi^2 d^5 \bar{\rho}_{am}^2}$$

iar valoarea densității medii a amestecului bifazic se determină din :

$$\bar{\rho}_{am} = \frac{m}{\bar{v}_{am}}$$

în care :

$$\bar{v}_{am} = \frac{\int_{p_2}^{p_1} v_{am}\, dp}{p_1 - p_2}$$

și astfel :

$$\bar{\rho}_{am} = \frac{m}{\dfrac{\int_{p_2}^{p_1} v_{am}\, dp}{p_1 - p_2}} = \frac{m(p_1 - p_2)}{\int_{p_2}^{p_1} v_{am}\, dp}$$

$\bar{v}_{am}$ fiind valoarea medie a lui $v_{am}$ rezultată prin integrarea între limitele $p_1$ și $p_2$, m$^3$/m$^3$ țiței mort.

Ecuațiile (5) și (6) se mai pot scrie și sub forma :

$$\frac{dp}{dh} = \rho_{am} g + \frac{C}{\rho_{am} g} \qquad (7)$$

sau :

$$\frac{\Delta p}{\Delta h} = \bar{\rho}_{am} g + \frac{C}{\bar{\rho}_{am} g} \qquad (8)$$

unde :

$$C = \frac{32\, gfm^2 Q_t^2}{\pi^2 d^5}$$

Pentru calculul de prevedere al gradienților de presiune, folosind unitățile de măsură curent aplicate în practica de producție, $K$ și $C$ se vor exprima astfel :

$$K = 4{,}43 \cdot 10^{-11} \frac{fm^2 Q_t^2}{d^5 \rho_{am}^2}$$

și

$$C = 4{,}26 \cdot 10^{-9} \frac{fm^2 Q_t^2}{d^5}$$

unde $Q_t$ se introduce în $m^3/24$ h, $m$ în $kg/m^3$, $\rho_{am}$ în $kg/m^3$ și $d$ în m.

În expresiile (5), (6), (7) și (8) ale ecuației gradientului de presiune, pentru un diametru constant $d$ al coloanei țevilor de extracție, $K$ și $\overline{K}$ sînt o funcție de produsul $m$ $Q_t$, $f$ și $\rho_{am}$, respectiv $\overline{\rho}_{am}$, $C$ este o funcție de produsul $mQ_t$ și $f$, iar $f$ este, așa cum se va vedea în continuare, o funcție de produsul $mQ_t$ și rația gaze-lichid.

Deci pentru calculul gradienților de presiune cu ajutorul relațiilor stabilite conform metodologiei expuse mai sus este necesar să se cunoască :

$Q_t$ — debitul de țiței cu care produce sonda sau debitul de lichid $Q_l$ și procentul de impurități lichide $i$ ;

$m$ — masa unui metru cub de țiței mort împreună cu gazele și apa care îl însoțesc ;

$\rho_{am}$ sau $\overline{\rho}_{am}$ — densitatea amestecului, respectiv densitatea medie a amestecului bifazic gaze-lichid ;

$f$ — factorul de frecare bifazic ;

$d$ — diametrul coloanei țevilor de extracție.

## Corelația factorului de frecare

1. *Stabilirea corelației factorului de frecare*

Corelația factorului de frecare, stabilită de autorul acestei lucrări, se bazează pe date de producție, date PVT și măsurători de presiune și temperatură efectuate în lungul coloanelor de extracție, obținute de la un număr foarte mare de sonde din schelele de petrol din țara noastră care, în momentul efectuării determinărilor experimentale, produceau în erupție naturală sau artificială. Aceste date au fost utilizate pentru calculul valorilor parametrilor de corelare care definesc corelația factorului de frecare propusă.

Față de corelațiile de acest gen, stabilite anterior, noua corelație presupune :

- folosirea rației gaze-lichid ca un parametru adițional de corelare ;
- extinderea domeniului datelor de producție, inclusiv la debite mici de lichid și rații gaze-lichid mari.

Corelația propusă a fost stabilită între un factor de frecare de tip Fanning și numărătorul numărului Reynolds relativ la amestec, fiind dezvoltată separat pentru șase game de rații gaze-lichid distincte.

Intervalele corespunzătoare acestor game au fost determinate pe baza reprezentării grafice a datelor experimentale, prelucrate pînă la obținerea valorilor parametrilor caracteristici de corelare și a analizei modului lor de grupare în funcție de rația gaze-lichid. Aceste intervale sînt distincte și corespund următoarelor limite : : 0...200 ; 201...300 ; 301—400 ; 401—600 ; 601—800 și $>801$ $m^3N/m^3$.

Avînd în vedere principiile noii corelații propuse și ținînd seama de criteriul adoptat cu privire la intervalul de valori a parametrului adițional de corelare au fost construite șase curbe de corelare pentru factorul de frecare, mărind astfel în mod considerabil precizia de determinare a acestui factor în comparație cu celelalte corelații dezvoltate pînă în prezent [1 ; 3 ; 5].

Factorul de frecare $f$ a fost determinat cu ajutorul datelor experimentale obținute de la cele 331 sonde în erupție naturală și artificială cercetate, utilizînd ecuația generală a bilanțului de energie scrisă sub forma :

$$\int_{p_1}^{p} v\,dp + g\Delta h + F = 0 \qquad (9)$$

și relația lui Fanning :

$$f = \frac{F\,d}{2\Delta h\,\overline{w}_{am}^2} \qquad (10)$$

Valorile lui $f$ astfel calculate au fost corelate cu un produs de tipul $\rho_{am}\,w_{am}\,d$, care reprezintă de fapt numărătorul numărului Reynolds relativ la amestec, pentru cele șase game de rații gaze-lichid luate în considerare. Acest produs se poate exprima în funcție de datele de producție ale sondelor astfel :

$$\rho_{am}\,w_{am}\,d = \frac{m}{v_{am}} \cdot \frac{4Q_t v_{am}}{\pi d^2} \cdot d = \frac{4mQ_t}{\pi d}$$

sau :

$$\rho_{am}\,w_{am}d = 1{,}4737 \cdot 10^{-5}\,\frac{mQ_t}{d} \qquad (11)$$

Cunoscînd valorile expresiilor (10) și (11) pentru cele 331 sonde cercetate, într-o diagramă dublu logaritmică s-au trecut pe axa absciselor valorile produsului $\rho_{am}w_{am}d$, iar pe axa ordonatelor valorile corespunzătoare ale factorului de frecare $f$ și printr-o metodă matematică de prelucrare statistică a datelor experimentale s-au obținut curbele din figura 1, cu ajutorul cărora se poate determina valoarea lui $f$ cînd sînt date valorile lui $Q_t$, $m$, $d$ și $R_{g1}$.

În felul acesta rezultă că noua corelație a factorului de frecare apare ca o funcție de produsul $\rho_{am}\,w_{am}\,d$ și rația gaze-lichid, ceea ce reprezintă o exprimare mult mai corectă și exactă a acestui parametru.

După cum se poate constata factorul de frecare $f$, care este definit ca o mărime adimensională, a fost reprezentat în funcție de produsul $\rho_{am}w_{am}\,d$, care nu este adimensional. Acest lucru este posibil de realizat deoarece, datorită gradului ridicat de turbulență din coloana de

țevi de extracție, curgerea amestecului bifazic gaze-lichid poate fi considerată ca independentă de efectul vîscozității fluidului. În felul acesta produsul variabil $\rho_{am} w_{am} d$ variază la fel ca și produsul $\rho_{am} w_{am} d/\mu_{am}$ (unde $\mu_{am}$ este vîscozitatea amestecului de lichid și gaze), produs care reprezintă tocmai numărul Reynolds, respectiv tot o mărime adimensională.

Prin urmare, în cazul curgerii turbulente, factorul de frecare $f$ fiind independent de efectul vîscozității variază destul de puțin în lungul coloanei de țevi de extracție. Acest parametru variază numai cu rugozitatea relativă a țevilor de extracție considerată, în general, constantă pentru aceeași coloană de țevi. Rezultă deci că factorul de frecare $f$ se menține constant în timpul curgerii amestecului de lichid și gaze prin coloana de extracție a sondelor eruptive.

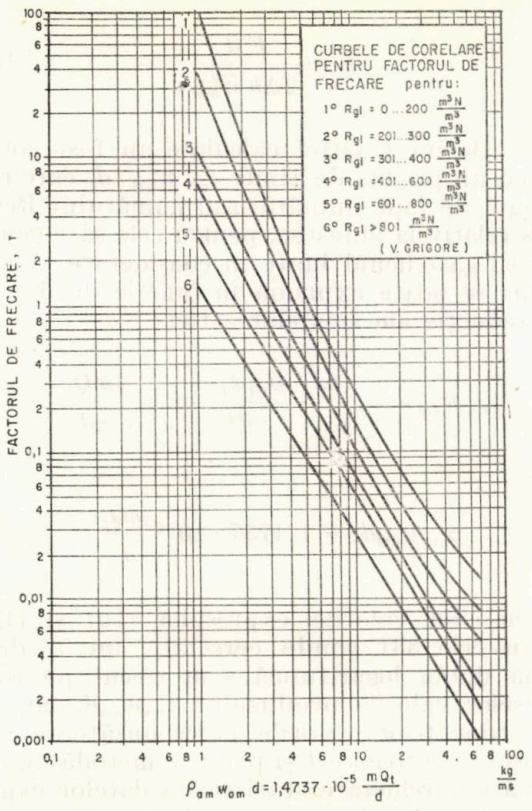



Fig. 1

Trebuie menționat, de asemenea, că deșt în cadrul corelației propuse nu s-a încercai o evaluare separată a efectului alunecării gazelor prin lichid, totuși pierderea de energie datorită acestui fenomen a fost inclusă în mod inevitabil în corelația factorului de frecare, deoarece aceasta a fost dedusă din date de producție în care alunecarea a fost prezentă fără îndoială.

Stabilirea relațiilor analitice între cei doi parametri caracteristici de corelare s-a realizat prin metoda celor mai mici pătrate pentru o regresie liniară și parabolică utilizînd o ecuație de forma :

$$\log f = a_0 = a_1 \log R + a_2 (\log R)^2 \quad (12)$$

unde : $R = \rho_{am} w_{am} d$ are semnificația unui număr Reynolds, considerînd vîscozitatea o mărime care nu influențează factorul de frecare în condițiile unei turbulențe ridicate.

Prelucrarea datelor experimentale pentru a determina care este relația funcțională cea mai adecvată s-a efectuat cu ajutorul unui program de calcul în limbaj FORTRAN, rulat pe un calculator FELIX C—256. Prin modul cum a fost conceput, programul permite determinarea coeficienților din relația liniară și parabolică, calculează suma abaterilor pătratice corespunzătoare celor două corelări și coeficienții corelației totale și verifică semnificația modelului cu ajutorul testului Student.

În urma prelucrării datelor experimentale, pe baza criteriului adoptat, s-a constatat că aproximarea parabolică conduce la o corelare mult mai exactă decît cea liniară.

Pentru cele șase curbe de corelare construite, corespunzătoare celor șase domenii ale rației gaze-lichid pentru care s-a încercat stabilirea dependenței funcționale, între valorile produsului $\rho_{am} w_{am} d$ și valorile corespunzătoare ale factorului de frecare $f$, coeficienții $a_0$, $a_1$ și $a_2$ au, în cazul regresiei parabolice, valorile redate în tabelul 1.

2. *Cu privire la corelația factorului de frecare*

Asupra corelației propuse pentru determinarea factorului de frecare se pot face unele referiri care să confirme oportunitatea utilizări

*Tabelul 1*

**Coeficienții curbelor de corelare pentru regresia parabolică**

| Curba nr. | Rația gaze-lichid, ($m^3N/m^3$) | Coeficienții modelului | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $a_0$ | $a_1$ | $a_2$ |
| 1 | 0...200 | 2,0771476 | −3,3215359 | 0,6472872 |
| 2 | 201...300 | 1,6228428 | −2,8980393 | 0,4813879 |
| 3 | 301...400 | 1,1122542 | −2,3660909 | 0,2716193 |
| 4 | 401...600 | 0,8095282 | −2,0334256 | 0,0938538 |
| 5 | 601...800 | 0,4791003 | −1,7133352 | −0,0301261 |
| 6 | >801 | 0,1748991 | −1,7322861 | 0,0134384 |

ei în calculele de evaluare a gradientului de presiune la curgerea amestecurilor bifazice în coloana de țevi de extracție a sondelor eruptive.

Observînd poziția relativă a curbelor de corelare a factorului de frecare din figura 1 se constată că acestea se plasează în ordine, de sus în jos, în raport cu valorile crescătoare ale intervalelor stabilite pentru parametrul adițional de corelare. Acest fapt duce la concluzia evidentă că atunci cînd rația gaze-lichid crește, pierderile de energie datorită frecărilor de pereții coloanei de extracție descresc.

De asemenea, odată cu creșterea rației gaze lichid scade și densitatea amestecului bifazic și, implicit, valoarea gradientului de presiune. Din cercetările efectuate rezultă că la sondele cu rații gaze-lichid mari gradienții de presiune au valori cuprinse între aproximativ 0,01 și 0,04 bari/m, iar la sondele cu rații gaze-lichid mici gradienții de presiune se înscriu, ca valoare, între 0,04 și 0,1 bari/m și uneori chiar mai mari.

Totuși, deși factorul de frecare descrește odată cu creșterea rației gaze-lichid, se constată că gradientul de presiune calculat nu scade în mod corespunzător deoarece ponderea componentei datorită pierderilor prin frecare în ecuația gradientului de presiune crește ca urmare a scăderii densității amestecului bifazic, așa cum rezultă din relația :

$$\frac{dp}{dh} = \rho_{am}\, g + \frac{C}{\rho_{am}\, g} = \rho_{am}\, g + K \rho_{am}\, g =$$

$$= \rho_{am}\, g + \frac{32 f m^2 Q_i^2}{\pi^2 d^5 \rho_{am}} \qquad (13)$$

Deci, cînd rația gaze-lichid crește și debitul le lichid descrește, gradienții de presiune cal-ulați cu ecuația (13) sînt influențați, din ce n ce mai mult, de al doilea termen din membrul loi al ecuației, respectiv de gradientul de pre-iune datorită frecării.

Faptul acesta face să crească, în mod consilerabil, importanța determinării cît mai exace a factorului de frecare la curgerea bifazică erticală, ignorarea ca parametru de corelare rației gaze-lichid în stabilirea valorilor acesui factor conducînd la erori destul de mari în alculul gradientului de presiune.

Determinarea factorului de frecare ca o uncție de rația gaze-lichid presupune ca, în cuația gradientului de presiune, influența terenului care exprimă pierderea de energie daorită frecării asupra valorilor gradientului toal de presiune să fie corespunzătoare condiiilor de curgere și anume : mai mică în cazul ebitelor mari de lichid și a rațiilor mici de aze-lichid și mai mare în cazul debitelor mici e lichid și a rațiilor mari de gaze-lichid. În felul acesta curba de variație a presiunii în lungul coloanei de extracție, construită pe bază de calcul cu ajutorul gradienților de presiune estimați cu noua corelație, se va apropia și mai mult de curba construită prin măsurători directe la sondă, pentru o gamă mult mai largă de debite de lichid și rații gaze-lichid.

Din examinarea ecuației (13) se poate constata că gradientul de presiune este influențat direct de densitatea amestecului bifazic plus un anumit coeficient înmulțit cu densitatea amestecului. Acest lucru este normal deoarece în cazul debitelor mari de curgere curba de variație a presiunii în coloana de țevi de extracție a sondei se apropie foarte mult de curba de variație a densității amestecului bifazic. Rezultă, prin urmare, că în cazul debitelor mari de lichid și a rațiilor mici gaze-lichid gradientul total de presiune depinde foarte mult de gradientul de presiune static și, într-o măsură mai mică, de gradientul de presiune datorită frecărilor, acesta fiind afectat mai puțin de natura corelației factorului de frecare. Cu toate acestea se constată că și în astfel de condiții determinarea factorului de frecare, prin folosirea unei corelații funcție de rația gaze-lichid, conduce la obținerea unor rezultate mai bune în calculul gradienților de presiune decît atunci cînd se folosește o corelație care nu ține seama de acest parametru.

Există însă domenii de curgere caracterizate prin debite mici de lichid și rații mari de gaze-lichid, în care termenul gradientului de presiune datorită frecărilor $C/\rho_{am}g$ devine predominant, influențînd, în mod hotărîtor, valoarea gradientului total de presiune. Se poate afirma chiar că acest termen reglează valoarea gradientului de presiune în concordanță cu condițiile de curgere, corespunzător cu valorile debitului de lichid și rației gaze-lichid.

Deoarece în aceste condiții, odată cu creșterea rației gaze-lichid, densitatea amestecului bifazic scade, valoarea termenului $C/\rho_{am}g$ tinde să se mărească ; în același timp însă valoarea acestui termen trebuie, în mod normal, să scadă, avînd în vedere că pierderile de energie prin frecare descresc. Aceasta înseamnă că în cazul rațiilor gaze-lichid mari este absolut necesar să se determine factorul de frecare cu ajutorul unor corelații funcție de rația gaze-lichid, așa cum se propune în lucrarea de față, și să se evite acele corelații care nu țin seama de acest parametru. Numai în felul acesta se pot obține rezultate bune în determinarea valorilor gradienților de presiune necesari pentru rezolvarea multiplelor probleme ce le reclamă ascensiunea fluidelor în coloane de țevi de extracție în cazul erupției naturale sau artificiale și se înlătură o serie de erori tipice acestui domeniu de condiții.

Aceste constatări au fost confirmate în urma verificării corelației propuse pentru evaluarea

factorului de frecare, verificare care a cuprins o gamă largă de debite de lichid şi raţii gaze-lichid limitate între 12 şi 100 $m^3/24$ h, respectiv 69 şi 1890 $m^3/Nm^3$, curgerea desfăşurîndu-se în coloane de ţevi de extracţie cu diametrul de $2\ ^3/_8$, $2\ ^7/_8$ şi $3\ ^1/_2$ in. Verificarea s-a făcut calculînd gradienţii de presiune şi construind, cu ajutorul acestora, curba de variaţie a presiunii în lungul coloanei de extracţie, curbă ce s-a comparat apoi cu cea construită prin măsurători directe la sondă faţă de care s-a stabilit abaterea, determinîndu-se eroarea relativă medie procentuală.

Gradienţii de presiune determinaţi prin utilizarea corelaţiei propuse au condus la obţinerea unor curbe de variaţie a presiunii destul de apropiate de cele construite prin măsurători directe la sondă, pentru majoritatea debitelor de lichid şi raţiilor gaze-lichid verificate. Astfel, pentru debite de lichid mai mari de 55 $m^3/24$ h şi raţii gaz-lichid cuprinse între 0 şi 300 $m^3N/m^3$, eroarea relativă medie a fost mai mică de 5%, iar pentru raţii gaze-lichid mai mari de 300 $m^3/Nm^3$, eroarea nu a depăşit 7,5%.

Pentru debite de lichid cuprinse între 30 şi 55 $m^3/24$ h, abaterea medie maximă a fost de 6%, pentru raţii gaze-lichid mai mici de 30 $m^3N/m^3$, şi de 9%, pentru raţii gaze-lichid mai mari de 300 $m^3N/m^3$. În general, pentru debite de lichid mai mici de 30 $m^3/24$ h rezultatele au fost bune pentru aproape toate gamele raţiilor gaze-lichid verificate. Eroarea medie relativă nu a depăşit 6%, pentru raţii gaze-lichid mai mici de 300 $m^3$ $N/m^3$, şi 11%, pentru raţii gaze-lichid mai mari de 300 $m^3N/m^3$.

Din analiza rezultatelor obţinute ca urmare a verificărilor efectuate se constată că, în general, gradienţii de presiune determinaţi cu ajutorul corelaţiei propuse, faţă de gradienţii de presiune estimaţi prin măsurători directe de presiune în sondă, sînt :

- mai mici pentru debite de lichid situate sub $30 m^3/24$ h şi raţie gaze-lichid $< 200\ m^3N/m^3$ şi $> 800\ m^3N/m^3$;
- mai mari pentru celelalte game de debite de lichid şi raţii gaze-lichid.

În final se poate afirma că noua corelaţie propusă pentru evaluarea factorului de frecare la deplasarea verticală a amestecurilor bifazice, ca o funcţie de raţia gaze-lichid, conduce la rezultate dintre cele mai bune în determinarea valorilor gradientului de presiune, pentru un domeniu larg de condiţii privind debitele de curgere, respectiv în construirea curbei de variaţie a presiunii în lungul coloanei de extracţie a sondelor eruptive, fapt ce o recomandă pentru a fi utilizată în calculele de proiectare.

## Concluzii

Rezultatele obţinute în urma studiilor şi cercetărilor efectuate, prezentate în cuprinsul acestei lucrări, conduc la următoarele concluzii.

a. Se prezintă un mod nou de determinare a expresiei gradientului de presiune la curgerea verticală bifazică şi o nouă corelaţie a factorului de frecare care să poată fi aplicată pentru un domeniu mai larg de condiţii.

Determinarea expresiei gradientului de presiune s-a făcut pornind de la ecuaţia gradientului de presiune pentru cazul cel mai general al curgerii în care s-a neglijat componenta datorită energiei cinetice, iar corelaţia factorului de frecare a fost stabilită prin folosirea datelor de producţie, a datelor PVT şi a măsurătorilor de presiune şi temperatură obţinute de la un număr de 331 sonde care produceau prin erupţie naturală şi artificială şi în care, spre deosebire de alte teorii, raţia gaze-lichid a fost considerată ca un parametru adiţional de corelare.

b. Corelaţia propusă a fost stabilită între un factor de frecare de tip Fanning şi numărătorul numărului Reynolds relativ la amestec, fiind dezvoltată separat pentru şase game de raţii gaze-lichid luate în consideraţie : 0...200, 201 ...300, 300 ...400, 401...600, 601...800 şi $>801\ m^3N/m^3$, construindu-se corespunzător acestora tot atîtea curbe de corelare pentru factorul de frecare. Această corelaţie s-a dovedit superioară celor stabilite anterior de F. Poettmann şi P. Carpenter, P. Baxendell şi R. Thomas, G. Fancher şi K. Brown.

c. Determinarea factorului de frecare ca funcţie de raţia gaze-lichid face ca în ecuaţia gradientului de presiune influenţa termenului care reprezintă componenta pierderilor prin frecare asupra valorii gradientului total de presiune să fie corespunzătoare condiţiilor de curgere. Aceasta înseamnă că raţia gaze-lichid este un parametru de corelare obligatoriu în cazul debitelor mici de lichid şi a raţiilor gaze-lichid mari, dar ea nu trebuie ignorată nici în cazul debitelor mari şi raţiilor gaze-lichid mici.

d. Gradienţii de presiune calculaţi cu ajutorul corelaţiei propuse au permis să se construiască curbe de variaţie a presiunii în lungul coloanelor de ţevi de extracţie foarte apropiate de cele construite prin măsurători directe la sondă, pentru o gamă largă de variaţie a debitelor de lichid şi raţiilor gaze-lichid.

e. Faţă de alte metode care servesc pentru determinarea gradientului de presiune la curgerea verticală bifazică, metoda propusă prezintă următoarele avantaje :

— determinarea parametrilor caracteristici şi rezolvarea ecuaţiei gradientului de presiune presupune procedee simple de estimare şi calcul;

— foloseşte date de producţie uşor accesibile ;

— prezintă un grad de exactitate ridicat pentru o gamă ridicată de condiţii de lucru ;

— se adaptează uşor la calculul cu calculatoare electronice.

**Bibliografie**


[1] Baxendell, P. B., Thomas, R. *The calculation of pressure gradients in high-rate flowing wells.* Journal of Petroleum Technology, October, 1961.

[2] Benett, C. A., Franklin, N. L. *Statistical analysis in chemistry.* New York, John Wiley and Sons, Inc., London, 1963.

[3] Fancher, G. H., Jr., Brown, K. E. *Predication of pressure gradients for multiphase flow in tubing.* Society of Petroleum Engineering Journal, March, 1963.

[4] Grigore, V. *Cercetări privind optimizarea regimului de extracţie a ţiţeiului prin erupţie artificială.* Teză de doctorat, Ploieşti, 1977.

[5] Poettmann, F. H., Carpenter, P. G. *The multiphase flow of gas, oil and water through vertical flow strings with application to the design of gas-lift installations.* Drilling and Production Practice, 1952.


# Combaterea coroziunii fisurante a unor oţeluri de prăjină în medii acide în prezenţa sau absenţa hidrogenului sulfurat


Dr. ing. **M. V. Popa**

ICECHIM, Centrul de chimie fizică Bucureşti


## Introducere

Încercările de a extinde folosirea unor oţeluri rezistente în condiţiile de fragilizare prin hidrogen din operaţia de foraj au condus la modificări metalurgice, compoziţionale, structurale şi de rezistenţă la rupere a acestor oţeluri, prin tratamente termice, creînd materiale metalice costisitoare şi, deci, neeconomice. La fel de neeconomice, sub raportul eficacităţii reducerii fragilizării prin hidrogen a acestor oţeluri în mediile de foraj, s-au dovedit a fi, atît protecţiile electrochimice (catodice sau anodice), cît şi acoperirile protectoare [1].

De o mai bună eficacitate, atît practică, cît şi economică, s-a dovedit a fi micşorarea cantităţii de hidrogen care pătrunde în reţeaua metalică, cu ajutorul inhibitorilor, deci de reducere a acţiunii corozive a mediului.

În condiţiile de exploatare ale oţelurilor de prăjină : temperaturi şi presiuni ridicate ale fluidelor de foraj ce conţin hidrogen sulfurat, acid clorhidric sau acid acetic, în procesele de acidizare sau de stimulare a sondelor petroliere, este greu de distins partea din procesul coroziv care se datoreşte fragilizării prin hidrogen sau dizolvării anodice sub tensiune a oţelurilor de prăjină. Viteza de coroziune a procesului de dizolvare anodică sub tensiune mecanică cît şi factorul de proporţionalitate a hidrogenului dizolvat în metal, în raport cu hidrogenul total produs în urma procesului de fragilizare, se poate modifica cînd în mediul coroziv se adaugă un inhibitor. Folosirea inhibitorilor de coroziune este metoda mai eficientă şi mai economică în reducerea susceptibilităţii la coroziune fisurantă sub tensiune a oţelurilor de prăjină.

Prezentul studiu se ocupă de combaterea coroziunii fisurante a oţelurilor de foraj tip E, G—105 şi S—135 cu ajutorul inhibitorului ACOR—22 (imersie), în medii de acid clorhidric sau acid acetic în prezenţa sau absenţa de hidrogen sulfurat.

## Partea experimentală

Încercările experimentale s-au efectuat pe oţelurile grad E, G—105 şi S—135, oţeluri-carbon slab aliate de mare rezistenţă mecanică, a căror caracteristici compoziţionale, structurale şi mecanice au fost redate într-o lucrare anterioară [2].

Epruvetele metalice, cu diametrul de 3 mm, au fost supuse tensionării la alungire unidirecţională de 45 kgf/mm$^2$, cu ajutorul unor aparate tip Unisteel-Distington (Anglia). Înaintea fiecărei determinări, epruvetele au fost şlefuite mecanic pe hîrtie metalografică pînă la granulaţia 800, degresate în benzen la fierbere timp de 5 minute şi apoi spălate cu acetonă.

Mediile corozive, folosite în determinări, au fost HCl 5% şi $CH_3COOH$ 5%, în prezenţă şi absenţă de $H_2S$ (sat), medii preparate cu reactivi p.a. şi apă dublu distilată. Temperaturile de lucru au fost de 25, 50, 60, 75 şi 90 $\pm$ 1°C.

Inhibitorul folosit în combaterea coroziunii fisurante a oţelurilor de foraj menţionate a fost ACOR—22 (imersie) — un amestec sintetic constituit din compuşi organici cu greutate moleculară mare, conţinînd grupe polare în funcţie aminică — inhibitor sintetizat de I.C.P.P.G. Cîmpina.

Barbotarea de hidrogen sulfurat în soluţie, din aparatul Kipp, după ce a fost purificat de

urmele de acid clorhidric, s-a făcut timp de 24 ore, iar în timpul determinărilor mai lungi, timp de 2 ore la fiecare 24 ore.

Pentru toate încercările efectuate s-a urmărit modul de fracturare al oţelurilor de foraj prin analiză microscopică a şlifurilor metalurgice obţinute în secţiunea longitudinală a epruvetei metalice, după un atac chimic cu nital 2%, obţinîndu-se micrografii la măriri de 100.

Rezultatele experimentale sînt redate prin valorile timpului de fracturare $t_f$ (în ore), redîndu-se în tabelele ce vor fi prezentate şi valorile abaterii standard a timpului de fracturare $\Delta t_f$.

## Rezultate experimentale şi discuţii

Rezultatele experimentale ale timpului de fracturare obţinute pentru oţelurile de prăjină E, G—105 şi S—135 în mediul de HCl 5% sau $CH_3COOH$ 5% în absenţa din mediu a $H_2S$ (sat) şi în prezenţa de inhibitor ACOR—22 (imersie), sînt date în tabelele 1 şi 2.

După cum se observă din aceste tabele se constată, în lipsa inhibitorului [2], o creştere a susceptibilităţii la fracturare a acestor oţeluri cu mărirea temperaturii mediului coroziv. Acest rezultat a mai fost obţinut şi în alte încercări în medii acide în prezenţa de inhibitor ACOR, pe cazul oţelurilor tubing J—55, C—75, N—80 sau P—105, prezentat în alte lucrări experimentale [3; 4]. De remarcat, din datele tabelelor 1 şi 2, că susceptibilitatea la fracturare a oţelurilor studiate, în aceleaşi condiţii de temperatură şi concentraţie a mediului coroziv, urmează regularitatea funcţie de tipul de oţel:

- G—105 > E > S—135 pentru mediul de HCl 5% + ACOR—22 (imersie);
- S—135 > E > G—105 pentru mediul de $CH_3COOH$ 5% + ACOR—22 (imersie).

Comparativ cu rezultatele experimentale obţinute în absenţa inhibitorului şi prezentate anterior [2], se constată că inhibitorul ACOR—22 (imersie) reduce susceptibilitatea la fracturare a oţelurilor de prăjină studiate. Eficienţa inhibitorului redată prin raportul $t_f^i/t_f^0$, adică timpul de fracturare în prezenţă de inhibitor/timp de fracturare în absenţă de inhibitor [2], este prezentată, pentru mediile studiate, în tabelul 3.

După cum se observă din acest tabel, raportul $t_f^i/t_f^0$ creşte cu mărirea temperaturii deci inhibitorul este mult mai eficient în aceste soluţii, la temperaturi mai ridicate. De asemenea, această eficienţă este funcţie şi de tipul de oţel, şi anume pentru aceleaşi valori de temperatură, eficienţa inhibitorului urmează regularitatea:

- G—105 > E > S—135 pentru mediul de HCl 5%;
- S—135 > E > G—105 pentru mediul de $CH_3COOH$ 5%.

*Tabelul 1*

**Valorile experimentale ale timpului de fracturare (ore) a oţelurilor de foraj supuse coroziunii fisurante sub tensiunea de 45 kgf/mm² în HCl 5% + ACOR—22 (imersie)**

| Oţel | E | | | G—105 | | | S—135 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. °C | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ |
| 25 | 225,00 | 2 | 8,50 | 208,35 | 2 | 15,25 | 241,65 | 2 | 23,20 |
| 50 | 71,65 | 2 | 3,05 | 66,65 | 2 | 12,05 | 82,15 | 2 | 6,60 |
| 60 | 49,50 | 2 | 2,15 | 44,57 | 2 | 5,37 | 52,50 | 2 | 5,15 |
| 75 | 26,65 | 2 | 0,05 | 25,00 | 2 | 9,20 | 31,65 | 2 | 3,20 |
| 90 | 16,70 | 2 | 0,10 | 15,30 | 2 | 7,40 | 20,325 | 2 | 2,925 |

*Tabelul 2*

**Valorile experimentale ale timpului de fracturare (ore) a oţelurilor de foraj supuse coroziunii fisurante sub tensiunea de 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + ACOR—22 (imersie)**

| Oţel | E | | | G—105 | | | S—135 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. °C | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ |
| 25 | 541,65 | 2 | 15,40 | 600,00 | 2 | 18,20 | 466,65 | 2 | 16,40 |
| 50 | 180,00 | 2 | 11,25 | 205,00 | 2 | 15,20 | 153,35 | 2 | 11,25 |
| 60 | 124,70 | 2 | 10,50 | 130,10 | 2 | 14,10 | 100,42 | 2 | 10,88 |
| 75 | 72,40 | 2 | 6,20 | 83,35 | 2 | 8,20 | 60,00 | 2 | 9,25 |
| 90 | 43,95 | 2 | 5,15 | 49,575 | 2 | 6,05 | 35,65 | 2 | 6,50 |

Notă $\bar{t}$ reprezintă valoarea medie a timpului de fracturare

*Tabelul 3*

**Raport $t_f^i/t_f^0$ în mediul de HCl 5% și $CH_3COOH$ 5% pentru oțelurile de prăjină studiate**

| Tip oțel | E | G—105 | S—135 | E | G—105 | S—135 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mediu | HCl 5% | | | $CH_3COOH$ 5% | | |
| 25°C | 1,18 | 1,19 | 1,11 | 1,47 | 1,41 | 1,55 |
| 50°C | 1,25 | 1,73 | 1,12 | 1,56 | 1,53 | 1,82 |
| 60°C | 1,28 | 2,03 | 1,14 | 1,66 | 1,58 | 1,95 |
| 75°C | 1,29 | 2,42 | 1,18 | 1,67 | 1,66 | 1,96 |
| 90°C | 1,38 | 2,85 | 1,23 | 1,70 | 1,69 | 2,04 |

Fig. 1. Micrografia probei fracturate de oțel de prăjină E, tensionată la 45 kgf/mm² în HCl 5% + ACOR—22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferențială (mărire ×100).

*Tabelul 4*

**Valorile experimentale ale timpului de fracturare (ore) a oțelurilor de prăjină supuse coroziunii fisurante sub tensiunea de 45 kgf/mm² în HCl 5% + $H_2S$ (sat) + ACOR—22(imersie)**

| Oțel | E | | | G—105 | | | S—135 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. °C | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ |
| 25 | 712,70 | 2 | 7,30 | 641,65 | 2 | 10,65 | 883,50 | 2 | 48,50 |
| 50 | 186,80 | 2 | 6,80 | 176,65 | 2 | 5,60 | 267,85 | 2 | 19,15 |
| 60 | 120,00 | 2 | 5,50 | 111,05 | 2 | 1,95 | 175,00 | 2 | 15,20 |
| 75 | 60,82 | 2 | 3,80 | 56,65 | 2 | 1,60 | 93,35 | 2 | 10,80 |
| 90 | 33,30 | 2 | 2,30 | 31,25 | 2 | 1,20 | 53,35 | 2 | 6,20 |

*Tabelul 5*

**Valorile experimentale ale timpului de fracturare (ore) a oțelurilor de prăjină supuse coroziunii fisurante sub tensiunea de 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$(sat) + ACOR—22 (imersie)**

| Oțel | E | | | G—105 | | | S—135 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. °C | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ | $\bar{t}_f$ | nr. det. | $\Delta t_f$ |
| 25 | 1 250,00 | 2 | 18,20 | 1 516,78 | 2 | 18,15 | 2 166,60 | 2 | 25,80 |
| 50 | 466,60 | 2 | 14,40 | 566,65 | 2 | 15,25 | 966,60 | 2 | 22,50 |
| 60 | 338,80 | 2 | 10,20 | 423,90 | 2 | 10,10 | 719,20 | 2 | 14,40 |
| 75 | 208,35 | 3 | 5,15 | 263,35 | 2 | 7,25 | 438,50 | 2 | 9,20 |
| 90 | 133,35 | 2 | 3,15 | 170,10 | 2 | 3,10 | 283,35 | 2 | 3,15 |

Studiile de microscopie metalografică, efectuate pe probele fracturate în zona marginală a fracturii, au indicat, după cum se observă în figurile 1—6, că fracturarea în aceste medii este rezultatul coroziunii preferențiale.

Rezultatele experimentale obținute pentru timpul de fracturare în studiul rezistenței la coroziune fisurantă sub tensiune a oțelurilor de prăjină studiate în mediul de HCl 5% sau $CH_3COOH$ 5% în prezență de ACOR—22 (imersie) și de $H_2S$ (sat) sînt prezentate în tabelele 4 și 5.

După cum se observă din aceste tabele, și în aceste cazuri susceptibilitatea la fracturare este mai mare cu creșterea temperaturii mediului coroziv, pentru aceleași condiții de concentrație și tensiune mecanică aplicată probelor de oțel.

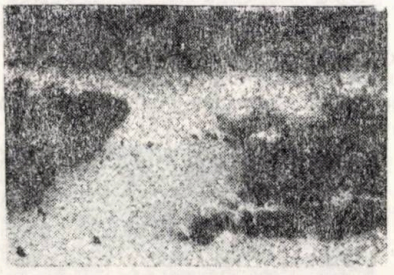


Fig. 2. Micrografia probei fracturate de oțel de prăjină G—105, tensionată la 45 kgf/mm² în HCl 5% + ACOR—22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferențială (mărire ×100).

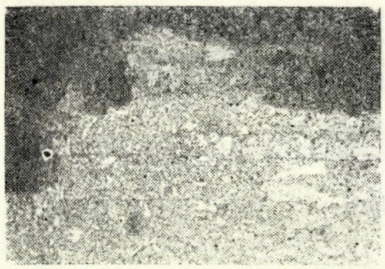


Fig. 3. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină S – 135, tensionată la 45 kgf/mm² în HCl 5% + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

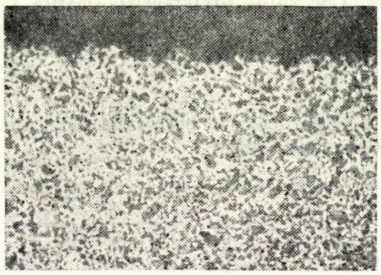


Fig. 4. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină E, tensionată la 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

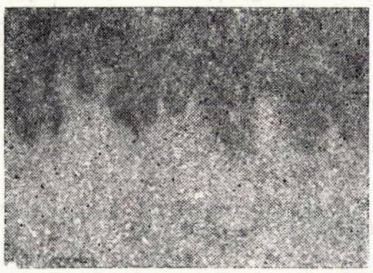


Fig. 5. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină G – 105, tensionată la 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

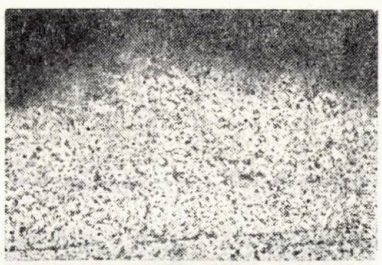


Fig. 6. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină S – 135, tensionată la 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

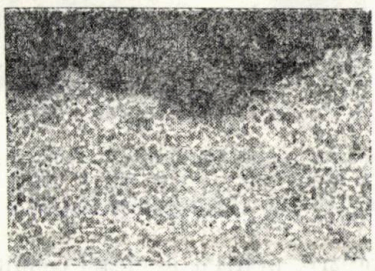


Fig. 7. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină E, tensionată la 45 kgf/mm² în HCl 5% + $H_2S$ (sat) + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100)

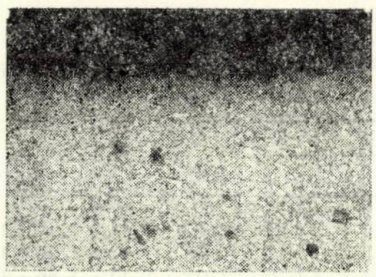


Fig. 8. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină G – 105, tensionată la 45 kgf/mm² în HCl 5% + $H_2S$ (sat) + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

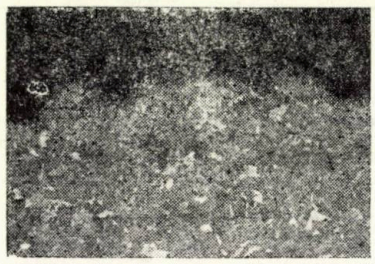


Fig. 9. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină S – 135, tesionată la 45 kgf/mm² în HCl 5% × $H_2S$ (sat) + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100)

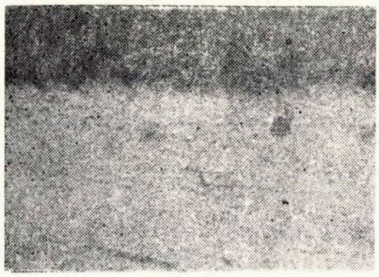


Fig. 10. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină E, tensionată la 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$ (sat) + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

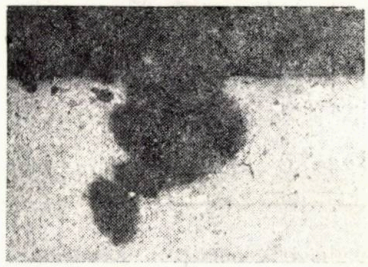


Fig. 11. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină G – 105, tensionată la 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$ (sat) + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

Fig. 12. Micrografia probei fracturate de oţel de prăjină S – 135, tensionată la 45 kgf/mm² în $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$ (sat) + ACOR – 22 (imersie) la 60°C. Coroziune preferenţială (mărire × 100).

Tot din aceste tabele rezultă că susceptibi-tatea la fracturare urmează regularitatea func-ie de tipul de oțel: G—105 >E >S—135 în ıediul de HCl 5% + $H_2S$ (sat) + ACOR—22 imersie), adică aceeaşi ca în cazul lipsei din ıediu a hidrogenului sulfurat şi: E > G—105 >S—135 în mediul de $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$ sat) + ACOR—22 (imersie), diferită de ca-ul cînd în mediu nu a fost prezent hidrogenul ulfurat. Se observă, de asemenea (tab. 4 şi 5), ă timpul de fracturare al oţelurilor este mult nai mare decît atunci cînd în mediu nu a fost )rezent hidrogenul sulfurat. Această conclu-ie indică faptul că inhibitorul ACOR—22 imersie) este mult mai eficient cînd în mediu fost prezent hidrogenul sulfurat. Eficienţa nhibitorului ACOR—22 este redată, în me-liile prezentate în tabelele 4 şi 5, prin rapor-

*Tabelul 6*

**Raportul $t_f^i/t_f^0$ în mediul de HCl 5% + $H_2S$ (sat) şi $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$ (sat), pentru oţelurile de prăjină studiate**

| Mediul | HCl 5% + $H_2S$ (sat) | | | $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$ (sat) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tip oţel | E | G — 105 | S — 135 | E | G — 105 | S — 135 |
| 25°C | 838,47 | 812,21 | 53,84 | 1,97 | 1,98 | 2,49 |
| 50°C | 373,60 | 392,55 | 26,78 | 1,99 | 2,08 | 3,05 |
| 60°C | 272,72 | 317,28 | 21,08 | 2,08 | 2,20 | 3,27 |
| 75°C | 184,30 | 202,32 | 15,17 | 2,15 | 2,32 | 3,29 |
| 90°C | 128,07 | 148,80 | 10,16 | 2,22 | 2,43 | 3,47 |

ul $t_f^i/t_f^0$ în tabelul 6 ($t_f^0$ a fost redat într-o lu-rare anterioară [2]). Din acest tabel se observă ă eficienţa inhibitorului scade cu creşterea temperaturii pentru mediul HCl 5% + $H_2S$ sat) şi creşte cu creşterea acesteia în mediul le $CH_3COOH$ 5% + $H_2S$ (sat).

Studiile de microscopie metalografică a probelor fracturate, efectuate în zona marginală, au indicat, conform figurilor 7—12, ca şi în cazul lipsei hidrogenului sulfurat din mediu, că fracturarea metalică este rezultatul coroziunii preferenţiale.

## Concluzii

Studiul privind combaterea coroziunii fisurante a unor oţeluri de prăjină în medii acide, în prezenţa sau absenţa de $H_2S$ (sat), a scos în evidenţă următoarele.

- Susceptibilitatea la fracturare a oţelurilor de prăjină studiate în aceleaşi condiţii de tensiune mecanică, concentraţie a mediului coroziv, creşte cu mărirea temperaturii mediului inhibat cu ACOR—22 (imersie), atît în prezenţa, cît şi în absenţa $H_2S$ (sat).
- Eficienţa inhibitorului ACOR—22 (imersie) creşte cu temperatura mediului, exceptînd cazul HCl 5% + $H_2S$ (sat).
- Inhibitorul ACOR—22 (imersie) este mult mai eficient cînd în mediul coroziv a fost prezent hidrogenul sulfurat.

### Bibliografie


[1] Townsend, H. E. *Corrosion*, vol. 28, nr. 2, 1972, p. 39.

[2] Popa, M. V. *Mine, Petrol şi Gaze*, vol. 31, nr. 11, 1980, p. 540.

[3] Radovici, O., Popa, M. V. *Revista de chimie*, vol. 27, nr. 1, 1976, p. 49.

[4] Popa, M. V. *Revista de chimie*, vol. 29, nr. 7, 1978, p. 669.

# INFORMAŢII

În ziua de 26.VI. 1982 a avut loc la Institutul Politehnic Cluj susţinerea tezei de doctorat *Contribuţii la studiul vibraţiilor elementelor elastice unidimensionale cu aplicaţii în minerit*, elaborată de şef lucr. ing. Cârja BologRadu Ciprian de la Institutul de Mine Petroşani.

În teză autorul abordează, cu competenţă, un domeniu de mare actualitate al mecanicii tehnice cu importante aplicaţii în industria minieră şi industria constructoare de utilaj minier pe a căror dezvoltare şi modernizare se pune în prezent un accent deosebit.

Prin studierea vibraţiilor unor componente de maşini şi instalaţii miniere lucrarea aduce contribuţii importante la creşterea fiabilităţii şi a siguranţei în funcţionare a acestor maşini şi instalaţii, concluziile fiind deosebit de utile pentru proiectare. Pe lîngă fundamentele teoretice trebuie evidenţiat caracterul practic-aplicativ al rezultatelor obţinute ce au şi largi posibilităţi de generalizare.

Ţinînd seama de importanţa deosebită a mecanizării în industria minieră, proiectarea şi realizarea unor utilaje cu performanţe superioare, teza se încadrează în programul actual de dezvoltare a economiei naţionale. Din acest motiv cercetările cuprinse în teză au o foarte bună orientare, rezultatele obţinute avînd aplicaţii directe în clarificarea fenomenelor vibratorii la diferitele utilaje miniere.

Lucrarea cuprinde o scurtă introducere şi 6 capitole urmate de o bogată listă bibliografică.

În primul capitol se face o trecere în revistă a principalelor noţiuni de analiză funcţională şi teoria distribuţiilor necesare dezvoltărilor următoare. De asemenea, se prezintă metode aproximative pentru determinarea limitelor superioare şi inferioare ale valorilor proprii pentru ecuaţii cu operatori diferenţiali liniari şi pentru găsirea funcţiilor proprii corespunzătoare. Astfel, în vederea aplicării la probleme concrete de vibraţii se consideră metoda Rayleigh-Ritz de determinare a limitelor superioare ale valorilor proprii şi de găsire a funcţiilor proprii aproximative, precum şi metoda primei proiecţii de determinare a limitelor inferioare ale valorilor proprii.

În continuare se mai dezvoltă metoda lui Bazley, metoda defalcării operatorului de bază, metoda celei de-a doua proiecţii şi metoda lui Kato.

În toate metodele prezentate se dau formulările cele mai generale şi se analizează avantajele folosirii lor. Prezentarea mai multor metode cu precizarea condiţiilor şi a posibilităţilor de aplicare face posibilă alegerea optimală a metodei de studiu a oricărei probleme de vibraţii.

Capitolul al doilea dezbate studiul vibraţiilor barelor ce au aplicaţii în minerit. Se tratează separat cazul barelor cu secţiune constantă şi mase adiţionale concentrate, barelor cu secţiune variabilă pe lungime şi barelor de tensiune variabilă pe lungime. În fiecare caz se stabilesc ecuaţiile generale ale vibraţiilor modelului, iar apoi cu, ajutorul metodelor prezentate, se determină caracteristicile vibraţiilor. Pentru exemplificare, în fiecare caz, se dă cîte o aplicaţie rezolvată fie pe un minicalculator fie pe calculatorul FELIX CE–256.

Pentru barele cu secţiune variabilă pe lungime se studiază vibraţiile nedisipative şi disipative.

Se mai studiază vibraţiile barelor cu tensiune variabilă pe lungime datorate aplicării la extremitate a unei forţe axiale şi de-a lungul barei a unei sarcini distribuite, considerînd cealaltă extremitate, fie încastrată, fie simplu rezemată.

Trebuie stabilită aici contribuţia autorului privind fundamentarea unei noi metode care generalizează pe cea a lui Bazley, aplicabilă la studiul vibraţiilor longitudinale sau torsionale ale barelor de secţiune variabilă. De asemenea se propune o îmbunătăţire a metodei lui Kato astfel încît să devină iterativă, ceea ce permite determinarea comodă a limitelor inferioare ale valorilor proprii în toate cazurile de vibraţii. Ea a fost aplicată în studiul vibraţiilor barelor cu secţiune variabilă, barelor cu tensiune variabilă pe lungime, precum şi a firelor cu tensiune variabilă şi mase adiţionale concentrate.

Aplicaţiile directe în minerit ale rezultatelor obţinute se referă la studiul vibraţiilor picoanelor de la ciocanele de abataj, a sfredelelor perforatoarelor rotative sau rotopercutante şi a cuţitelor de la combinele de abataj.

Următorul capitol (3) prezintă contribuţiile autorului la studiul oscilaţiilor firelor cu aplicaţii în minerit. Se tratează separat cazul firelor cu tensiune constantă şi a firelor cu tensiune variabilă, presupunînd în ambele cazuri şi mase concentrate pe fir. Aceste cazuri corespund situaţiilor reale întîlnite la cablurile purtătoare ale instalaţiilor de funicular, respectiv cablurile instalaţiilor de extracţie.

Pentru cinci instalaţii de extracţie, s-au culeş date necesare cercetării vibraţiilor, apoi la instalaţia cu schip de la Exploatarea minieră Petrila s-au determinat cu ajutorul calculatorului oscilaţiile unei ramuri a instalaţiei, oscilaţiile schipului la aplicarea frînei în două poziţii ale instalaţiei, variaţiile tensiunii în punctul de înfăşurare a cablurilor pe roata multicablu şi coeficientul de suprasarcină care ilus

reazã aportul oscilaţiilor cablurilor la creşte-ea tensiunii din aceste cabluri faţă de situa-ia fără oscilaţii.

Pe baza studiilor efectuate au mai rezultat ropuneri pentru creşterea fiabilităţii şi a si-uranţei în funcţionare, precum şi unele as-ecte economice.

Programele şi listingurile elaborate pe baza ietodelor expuse anterior sînt conţinute în apitolul al patrulea. Se dau programul pen-ru metoda Rayleigh-Ritz şi metoda Kato ite-ativă, precum şi listingurile pentru vibraţiile ransversale ale barelor cu tensiune variabilă e lungime, pentru vibraţiile instalaţiilor de xtracţie etc.

Ultimul capitol descrie cercetările experimen-ale efectuate atît în cadrul Institutului de Iine Petroşani, unde autorul îşi desfăşoară ac-ivitatea, cît şi în producţie, la exploatările mi-iere Livezeni şi Petrila. Aici s-au filmat şi nregistrat, cu aparatul universal Geiger, osci-aţiile transversale ale cablurilor instalaţiei de xtracţie cu colivii, respectiv oscilaţiile schi-ului la aplicarea frînei de siguranţă cînd schi-ul trece prin dreptul unui orizont aflat la 30 m adîncime şi la suprafaţă. Rezultatele ob-inute sînt în concordanţă cu cele stabilite eoretic.

Prin conţinutul ei teza aduce contribuţii im-ortante, nu numai cu caracter fundamental, ci i aplicativ, în condiţiile caracteristice exploa-ărilor miniere. Pe baza studiilor teoretice, veri-icate şi experimental, s-au putut obţine con-luzii imediat aplicabile în proiectarea dife-itelor utilaje miniere.

Din analiza amănunţită a tezei elaborate se lesprind următoarele constatări.

Cercetările efectuate au necesitat o amplă nuncă de documentare. Analizîd cu minuţio-itate un vast material bibliografic din dome-iul vibraţiilor, autorul a reuşit să selecteze principalele rezultate necesare aprofundării te-mei şi să aducă contribuţii originale impor-tante.

Prin folosirea unor elemente şi noţiuni de matematică modernă problemele de valori pro-prii se rezolvă în cele mai generale formulări aplicabile studiului vibraţiilor. Astfel cu aju-torul analizei funcţionale pentru o clasă foarte generală de operatori diferenţiali liniari sînt prezentate metode pentru determinarea limi-telor în care se cuprind valorile proprii. Dintre acestea unele, ca de exemplu metoda lui Baz-ley sînt de dată foarte recentă.

Trebuie remarcată şi consecvenţa cu care sînt utilizate în lucrare elemente de analiză funcţională şi teoria distribuţiilor sau a func-ţiilor generalizate, ceea ce conferă lucrării un înalt nivel ştiinţific.

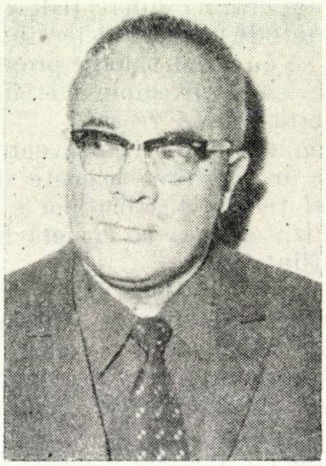
Lucrarea cuprinde contribuţii originale la studiul vibraţiilor barelor şi a firelor, concre-tizate prin perfecţionarea metodelor existente de studiu şi aplicarea lor la cazuri concrete, precum şi în stabilirea unor concluzii impor-tante.

În mod special trebuie evidenţiată preocu-parea de a finaliza aplicarea metodelor funda-mentale din teză prin elaborarea a numeroase programe ce au fost rulate pe calculator. Aces-tea au permis rezolvarea unui mare număr de probleme concrete şi pot fi aplicate cu uşu-rinţă şi în alte cazuri similare.

Cercetările experimentale efectuate, aplicate în special condiţiilor existente în exploatările miniere, se bazează pe folosirea unor instala-ţii de măsură simple, ce permit determinarea corectă a parametrilor.

În ansamblu teza de doctorat elaborată de şef lucr. ing. Cârja Bolog Radu Ciprian poate fi considerată ca o contribuţie remarcabilă la perfecţionarea metodelor de studiu a vibra-ţiilor şi aplicarea lor la determinarea fenome-nelor oscilatorii întîlnite în domeniul minier.

Prof. dr. doc. **I. Constantinescu**



# Dr. ing. ROMAN PETRU

La 14 iulie 1982 a încetat din viaţă dr. ing. Roman Petru, directorul Centrului de cercetări pentru securitate minieră Petroşani.

Născut în anul 1926 în oraşul Petroşani dintr-o familie de mineri, urmează cursurile primare, ucenicia la Atelierele centrale Petroşani, şcoala de maiştri, şcoala de subingineri minieri şi Institutul de Mine Petroşani, pe care îl absolvă în anul 1951. Prin munca asiduă desfăşurată şi perseverenţa care l-au caracterizat, în anul 1966 obţine titlul ştiinţific de doctor inginer.

În activitatea pe care a desfăşurat-o în industria carboniferă a parcurs toate treptele ierarhiei minereşti — vagonetar, ajutor minier, artificier, maistru minier, inginer. Ca inginer minier a ocupat funcţii de răspundere — şef sector, inginer şef, director tehnic şi director general al Centralei cărbunelui Petroşani , aducînd o contribuţie deosebită la organizarea şi dezvoltarea extracţiei de cărbune din Valea Jiului.

Din anul 1972 a fost directorul Centrului de cercetări pentru securitate minieră Petroşani, avînd ca preocupare permanentă dezvoltarea şi orientarea activităţii de cercetare în pas cu cerinţele de modernizare a procesului de producţie şi a asigurării securităţii muncii minerilor.

Apreciat ca specialist cu deosebită competenţă în probleme de tehnică minieră şi în domeniul securităţii muncii, a făcut parte din numeroase colective care au rezolvat probleme importante ale industriei extractive.

Membru al Partidului Comunist Român din anul 1953, a activat neobosit pentru traducerea în viaţă a politicii partidului, fiind ales în diferite organe locale de partid, în ultima perioadă fiind membru al Comitetului municipal de partid Petroşani.

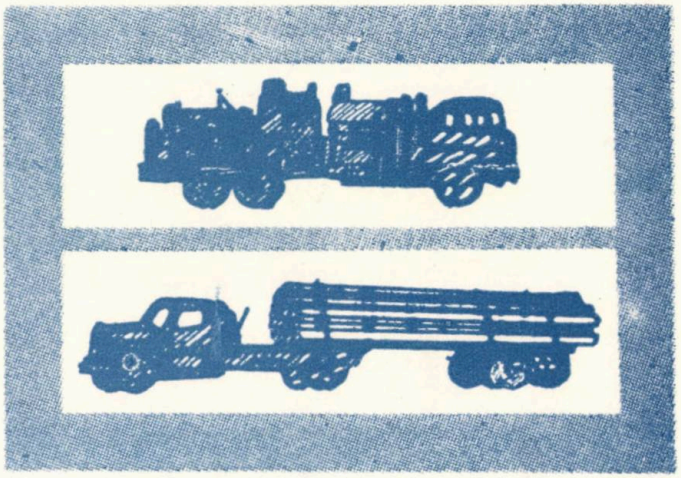
Pentru meritele sale deosebite în activitatea profesională şi obştească a fost distins cu medalii şi ordine ale Republicii Socialiste România.

Dr. ing. Roman Petru a depus o activitate susţinută pentru pregătirea tinerelor cadre de ingineri în calitate de conferenţiar la Institutul de Mine Petroşani şi a acordat un sprijin substanţial pentru pregătirea profesională prin doctorantură multor ingineri din industria minieră.

Prin dispariţia prematură a dr. ing. Roman Petru, a plecat dintre noi un bun tovarăş de muncă, un bun specialist, un om, regretat de minerii şi cadrele tehnice ale Văii Jiului, de toţi oamenii muncii din mineritul românesc care l-au cunoscut.

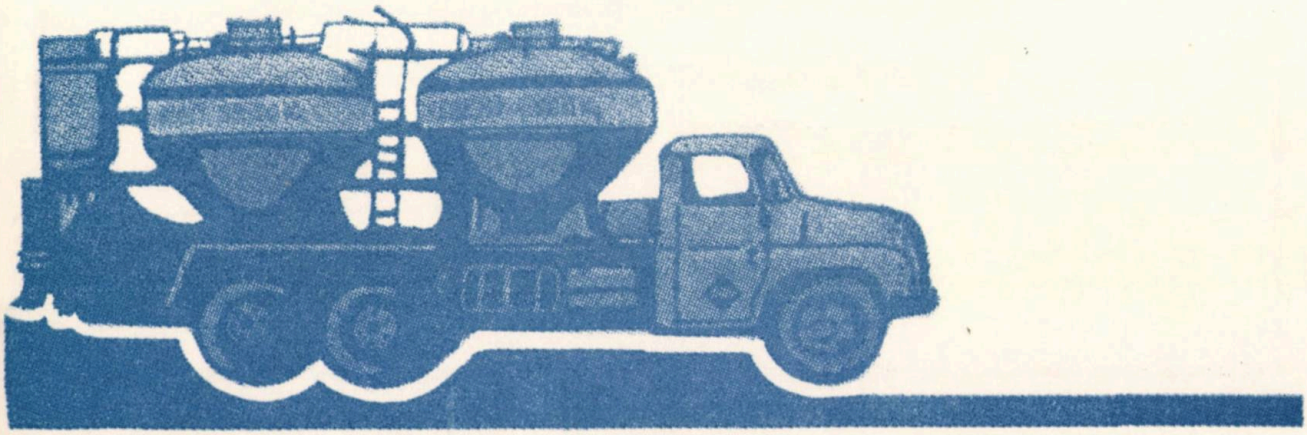
# MINISTERUL PETROLULUI
# ÎNTREPRINDEREA DE CIMENTĂRI
# OPERAŢII ŞI TRANSPORTURI SPECIALE - PLOIEŞTI
## I.C.O.T.S.

## execută



o Cimentări de sonde.
o Operaţii de intensificare a afluxului de ţiţei din strat în gaura de sondă, ca:
- fisurări hidraulice;
- fisurări acide;
- acidizări;
- consolidări de strate cu nisip.
o Operaţii de probare a stratelor.
o Operaţii speciale la sondele de mare adîncime şi sub presiune.
o Probe de presiune pentru verificarea etanşării coloanelor la sondele în foraj şi extracţie, determinări de spărturi în coloane
o Analize de laborator pentru stabilirea reţetelor de cimentare a sondelor
o Operaţii de punere în producţie şi de intensificare a afluxului de ţiţei cu instalaţia de pompare a azotului lichid.
o Închirieri scule de manevră şi instrumentaţie pentru sondele în foraj şi extracţie.
o Operaţii de înşurubare a burlanelor la tubajul sondelor, cu cleşti mecanizaţi.
o Diverse lucrări specifice sondelor de foraj şi extracţie.
o Transporturi de utilaje grele şi instalaţii de foraj specifice industriei petroliere.

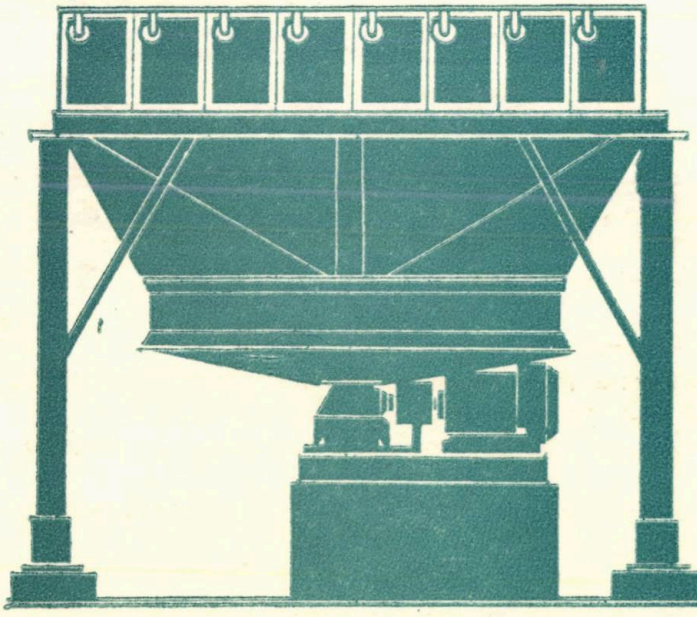
Str. Clopoţei nr. 2
PLOIESTI
Jud. Prahova
Telex: 19204
Telefon: 45421/263
12817



# RACITOARE CU AER

pentru instalaţii tehnologice în industriile: petrolieră petrochimică, chimică, a gazelor şi altele

— sînt instalate în aer liber;
— schema secţiunilor — verticală (tip AVG) şi în zig-zag (tip AVZ);
— sînt fabricate din ţevi de oţel-carbon, uşor aliat, aliat, rezistent la coroziune, cu un alezaj de 9; 14,6 şi 22.



TECHMASHEXPORT

Moscova 117330, Str. Mosfilmovskaia nr. 35,
telefon: 143-86-60; 143-87-51
Telex: 411068 TEHEX SU;
411228 TECEX SU.

PUBLICOM

1445

# MINE PETROL GAZE

BUCURESTI - ROMÂNIA • Vol. 33 , noiembrie 1982

11

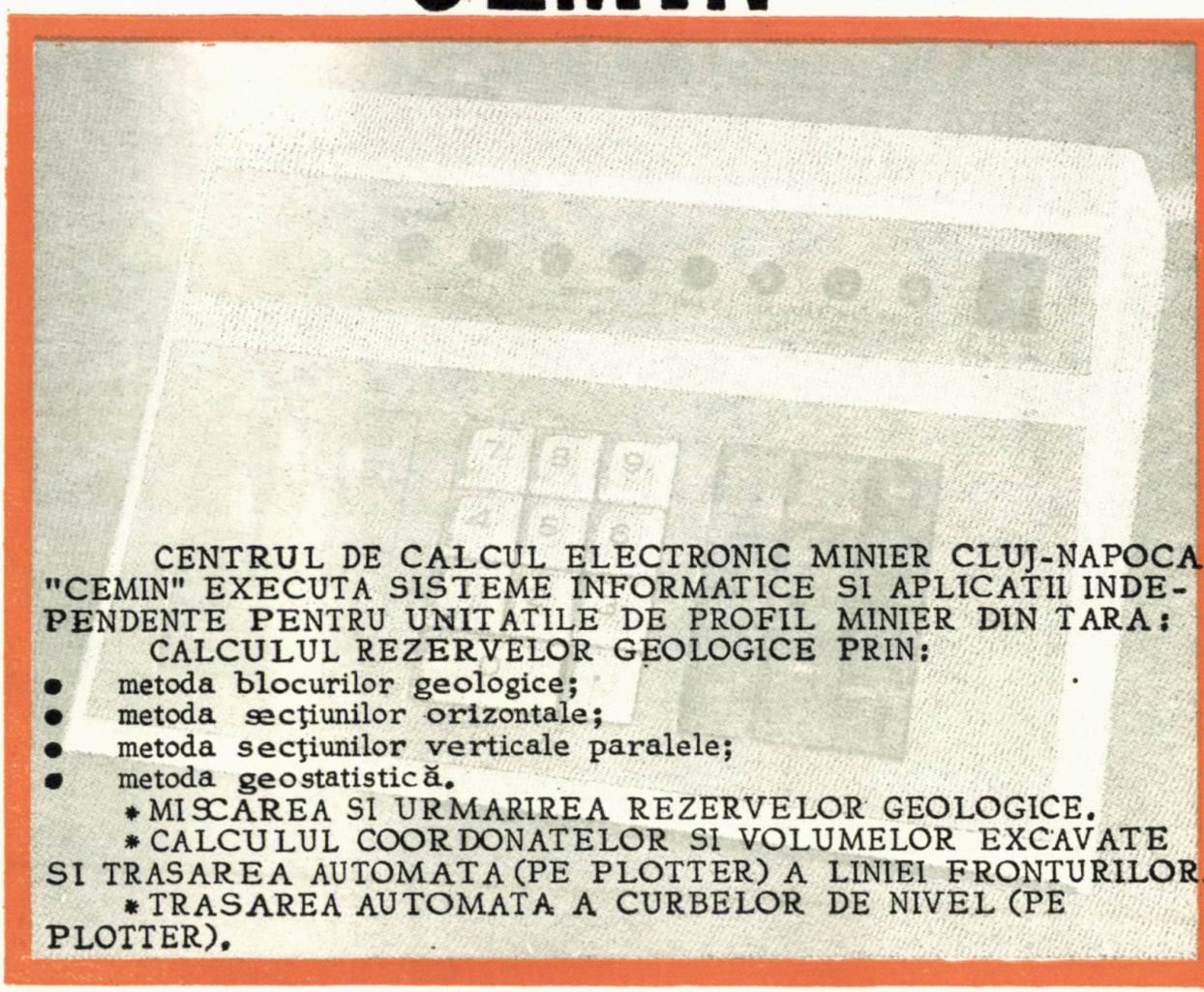
MINISTERUL MINELOR

CENTRALA SARII SI NEMETALIFERELOR BUCURESTI

# CENTRUL DE CALCUL ELECTRONIC MINIER

# CEMIN

Str. HORIA nr.78



CENTRUL DE CALCUL ELECTRONIC MINIER CLUJ-NAPOCA "CEMIN" EXECUTA SISTEME INFORMATICE SI APLICATII INDEPENDENTE PENTRU UNITATILE DE PROFIL MINIER DIN TARA:

CALCULUL REZERVELOR GEOLOGICE PRIN:

- metoda blocurilor geologice;
- metoda secţiunilor orizontale;
- metoda secţiunilor verticale paralele;
- metoda geostatistică.

* MISCAREA SI URMARIREA REZERVELOR GEOLOGICE.
* CALCULUL COORDONATELOR SI VOLUMELOR EXCAVATE SI TRASAREA AUTOMATA (PE PLOTTER) A LINIEI FRONTURILOR.
* TRASAREA AUTOMATA A CURBELOR DE NIVEL (PE PLOTTER).

1443


# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XXXIII

Nr. 11 1982

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI MINISTERULUI PETROLULUI


## CUPRINS


* * * **Tehnologii de extracţie şi de preparare a minereurilor neferoase** . . . . . 503

*Koch, R.* **Optimizarea parametrilor principali ai conductelor de aer comprimat — factor important de reducere a consumului de energie în minerit** 508

*Ilie, P., Duda, Gv. şi Vizitiu, A.* **Încercări privind sinteza xantatului amilic din alcool amilic recuperat** . . . . 512

*Constantinescu, I. şi Petrilean, I.* **Prezentări ale lucrului mecanic în aerodinamica minieră** . . . . . 516

*Vladislav, T. şi Creţ, Fl.* **Consideraţii privind estimarea rezervelor de substanţe minerale utile folosind calculul aproximativ al integralelor duble** . . . . . 521

*Suciu, S.* **Modificarea construcţiei găurilor de sondă în bazinul carbonifer Valea Jiului** . . 523

*Pavelescu, L. şi Pavelescu Maria* **Studiul rocilor ultrabazice serpentinizate din Munţii Paring (zona Stefanu-Urdele Coasta lui Rusu)** . . . . 525

*Iordache, G.* **Manevra materialului tubular la sondele cu diametre mari** . . . . . 530

*Popa, C. Gh., Pârcălăbescu, I. D., Popa, Gh. şi Alexandrescu, M.* **Combaterea viiturilor de nisip folosind metoda I.P.G. în cadrul Schelei Videle** . . 537

*Lupu, I. N. şi Calcatinge, V.* **Cercetarea proceselor de ardere prin organizarea unui program statistic de experimentări.** . . . . . 540

*Petre, M.* **Interpretarea rezultatelor obţinute în urma cercetărilor chimice, termodinamice şi hidrodinamice în regim staţionar şi nestaţionar de curgere efectuate la Tazlăul Mare** . . . . . 545

**Informaţii**

x x **Noi plăci izolante din fibre ceramice** . . . . . 547



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

**Ing. VASILE SCRIPĂŢ**, *preşedinte;* dr. ing. **GHEORGHE ALDEA;** ing. **ŞTEFAN BENEA;** dr. geol. **IOSIF BERCIA;** ing. **TEODOR BORU;** dr. ing. **GHEORGHE DONŢOV DANU;** ing. **VIRGIL FĂTU;** dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ;** dr. ing. **FLOREA NEAGU;** ing. **NICOLAE PANTILIE;** **ELENA VRÂNCEANU,** *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.27 : 614.8 : 628.512 : 669 : 2/8

* * * *Tehnologii de extracţie şi de preparare a minereurilor neferoase*

Autorii analizează tipurile de zăcăminte din R.S.R în care sînt cantonate rezervele de minereuri neferoase, direcţiile prioritare de extracţie a acestora, condiţiile asigurării unei depline securităţi a muncii şi a mediului înconjurător, precum şi direcţiile cercetării ştiinţifice, dezvoltării tehnologice şi progresului tehnic privind prepararea minereurilor neferoase.

C.Z. 622.414 : 622.45

Koch, R. *Optimizarea parametrilor principali ai conductelor de aer comprimat — factor important de reducere a consumului de energie în minerit*

Se prezintă noi metodologii de dimensionare a conductelor de aer comprimat, pe baza costurilor sau a energiei necesare producerii, montării şi exploatării acestor conducte, rezultînd economii importante de energie în gospodărirea aerului comprimat, faţă de metodele de dimensionare uzuale. Relaţiile matematice stabilite, precum şi nomogramele prezentate sînt utile, atît în activitatea de proiectare-cercetare, cît şi în exploatarea reţelelor de aer comprimat.

C.Z. 622.7 :547.265

Ilie, P., Duda, Gv. şi Vizitiu, A. *Încercări privind sinteza xantatului amilic din alcool amilic recuperat*

Autorii descriu încercările şi modul de lucru privind sinteza xantatului amilic din alcool amilic recuperat, încercări efectuate în laboratorul de preparare al Institutului de cercetări şi proiectări pentru minereuri neferoase Baia Mare.

C.Z. 622.413.3 : 622.414

Constantinescu, I. şi Petrilean, P. *Prezentări ale lucrului mecanic în aerodinamica minieră*

Autorii analizează unele forme sub care poate apărea lucrul mecanic şi prezintă un exemplu de utilizare a lucrului mecanic de frecare într-un proces adiabatic pentru calculul temperaturii aerului de mină. Expresiile analizate ale lucrului mecanic exprimă, într-o formă mai corectă, fenomenul care le determină şi ele pot fi aplicate în calculele de aeraj.

C.Z. 553.042 : 622.34

Vladislav, T. şi Creţ, Fl. *Consideraţii privind estimarea rezervelor de substanţe minerale utile folosind calculul aproximativ al integralelor duble*

În lucrare se prezintă formule şi algoritmi de calcul al integralelor duble pe diferite suprafeţe plane, scoţînd în evidenţă noi metode de calcul al rezervelor de substanţe minerale, valabile în special pentru rezervele de lignit, în funcţie de structurile geologice.

C.Z. 622.235 : 622.332

Suciu, S. *Modificarea construcţiei găurilor de sondă în bazinul carbonifer Valea Jiului*

C.Z. 551.24 : 551.7

Pavelescu, L. şi Pavelescu Maria *Studiul rocilor ultrabazice serpentinizate din Munţii Paring (zona Stefanu — Urdele — Coasta lui Rusu)*

Autorii prezintă rezultatele cercetărilor din regiunea localizată în zona golurilor alpine cu altitudini ce trec de 2000 m, cercetări care au în vedere formaţiunile cristaline ale autohtonului danubian, cristalinul Pînzei getice şi depozitele sedimentare.

C.Z. 622.241 : 622.245

Iordache, G. *Manevra materialului tubular la sondele cu diametre mari*

Sînt prezentate principalele aspecte ale manevrei materialului tubular în găuri de sondă cu diametre mari, în cazul folosirii sistemului de manevră clasic convenţional, precum şi în acela al utilizării cricurilor hidraulice construite pentru capacităţi mari, într-o viziune modernă, inedită.

C.Z. 622.276

Popa, C. Gh. ş.a. *Combaterea viiturilor de nisip folosind metoda I.P.G. în cadrul Schelei Videle*

Se prezintă o metodă originală elaborată în cadrul Institutului de petrol şi gaze Ploieşti pentru prevenirea şi combaterea viiturilor de nisip la sondele de ţiţei. Sînt expuse totodată rezultatele acestei metode în cadrul a două experimente de şantier de la Schela Videle.

C.Z. 662.6 : 662.6/8

Lupu, N. şi Calcatinge, V. *Cercetarea proceselor de ardere prin organizarea unui program statistic de experimentări*

Se prezintă testarea unui arzător radiant prin organizarea unui program statistic. Ca variabile independente s-au ales concentraţia de gaz metan din combustibil, raportul dintre aerul de combustie real folosit şi aerul teoretic necesar şi temperatura de evacuare a gazelor arse. Ca variabile dependente s-au ales randamentul arderii şi randamentul termotehnic.

C.Z. 622.276 :65.012.12 :536.7

Petre, M. *Interpretarea rezultatelor obţinute în urma cercetărilor chimice, termodinamice şi hidrodinamice în regim staţionar şi nestaţionar de curgere efectuate la Tazlăul Mare*

Autorul analizează testele efectuate la sondele de extracţie a gazului de la Tazlăul Mare în perioada 1968—1982, rezultatele acestora prezentînd implicaţii economice în funcţie de posibilităţile de degazolinare a fluidelor extrase din structura respectivă.

**Informaţii**

# CONTENTS


C.Z. 622.27 : 614.8 : 628.512 : 669.2/8

* * * *Non ferrous ores mining and dressing technologye*

The authors present the main types of deposits in which the non-ferrous ore-bodies are located in Romania, the priorities in their mining, the conditions for safety and environmental control as well as the main directions in the scientific research, process development and technical progress in the field of non-ferrous ore dressing.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.414 : 622.45

Koch, R. *Optimization of the main parameters of the compressed air pipelines-an important way of cutting down the energy consumption in mining*

New methods of compressed air pipeline rating are presented, based on energy costs necessary for the production, installation and operation of these pipelines, resulting in important energy savings in the compressed air economics, compared to the usual rating methods. The established mathematic relations and the presented nomographs are usable both in the design and research work as well as in the operation of compressed air systems.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.7 : 547.265

Ilie, P., Duda, Gv. and Vizitiu, A. *Trials regarding the amyl xanthate synthesis from reclaimed amylic alcohol*

The authors describe the trials and working methods used in the synthesis of amyl xanthate from reclaimed amylic alcohol, which were performed in the Ore Dressing Laboratory of the Research and Design Institute for Non-Ferrous Ores from Baia Mare.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.413.3 : 622.4414

Constantinescu, I. and Petrilean, I. *Mechanical work appearances in the mining aerodynamics*

The authors present several forms of mechanical work and one example of mechanical friction work application at the calculation of the mine air temperature in an adiabatic process. The resulting relations express more accurately the related phenomena involved in the ventilation calculations.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 553 042 : 622.34

Vladislav, T. and Creț, Fl. *Considerations regarding the estimation of useful mineral reserves by applying the approximate double integral calculation*

Calculation formulae and algorithms of double integrals on different flat surfaces are presented, by pointing out new calculation methods for mineral reserves, especially for lignite reserves, as function of the geological structures.

Mine, Petrol și Gaze, vol 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.235 : 622.332

Suciu, S. *Construction modification of the bore holes in the Jiu Valley coal basin*

Mine, Petrol și Gaze, vol 33, nr. 11, 1982

C.Z. 551.24 : 551.7

Pavelescu, L. and Pavelescu Maria *Study on ultrabasic serpentinized rocks in the Parîng Mountains (Ștefanu-Urdele-Coasta lui Rusu area)*

The authors present the results of investigations performed in a region located in an area of alpine voids, with altitudes over 2000m. These investigations regard the cristalline formations of the Autochtone Danubian, the Getic nappe Cristalline and the sedimentary deposits.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.241 : 622.243

Iordache, G. *Tubular goods tripping in large diametre bore holes*

The author presents the main aspects of the tubular goods tripping in large diametre bore holes, by using the classical, conventional tripping system and by using hydraulic jacks for high capacities, in a modern and original approach.

Mine, Petrol și Gaze; vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.276

Popa, C. Gh. a.o. *The I.P.G. method of sand-rush control applied at Videle oil-field*

An original method designed by the Oil and Gas Institute of Ploiești (I.P.G. Ploiești) for the prevention and control of sand-rush in oil weils is presented. The results of two site experiments of this method are also commented

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 662.6 : 662.6/8

Lupu, N. and Calcatinge, V. *Investigations on burning processes by means of statistical test programs*

The testing of a radiant burner by organizing a statistical program including, as independent variables, the methane gas concentration in fuel, the ratio between the actually used and theoretically required air amount as well as the exhaust gas temperature is presented. The burning and thermotechnical efficiency are considered dependent variables.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.276 :65.012.12 : 536.7

Petre, M. *Interpretation of the investigation results of chemical, thermodynamic and hydrodynamic experiments on stationary and non-stationary flow regime at Tazlăul Mare*

The author discusses the tests performed at the natural gas well from Tazlăul Mare in the period 1968—1982, their results with economical implications depending on the gasoline recovery possibilities of the fluids obtained from the involved geological structures.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

*News*

* * * *New types of insulating plates made of ceramic fibres*

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.27 :614.8 :628.512 :669.2/8

* * * *Технология добычи и обогащения руд цветных металлов*

Авторы рассматривают типы месторождений руд цветных металлов С.Р. Румынии, прогнозные направления их добычи, условия обеспечения полной безопасности труда и окружающей среды, а также направления научно-исследовательских работ, технологического развития и технического прогресса в области обогащения руд цветных металлов.

Ключевые слова: прогноз, технологии, оборудование, добыча, обогащение, руды цветных металлов

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.414 :622.45

Кох, Р. *Оптимизация основных параметров проветривания и трубопроводов сжатого воздуха — важный фактор снижения расхода энергии в горном деле*

Представлены новые методики определения размеров трубопроводов сжатого воздуха, на основе затрат и энергии, необходимых для пройзводства, монтажа и эксплуатации этих трубопроводов, в результате чего получаются значительные экономии энергии при хозяйствовании сжатого воздуха по сравнению с обычно применяемыми методиками. Выведенные математические формулы, а также представленные номограммы полезны, как при проведении научно-исследовательских и проектных работ, так и при эксплуатации сетей сжатого воздуха.

Ключевые слова: оптимизация, определение параметров, проветривание, трубопроводы, сжатый воздух.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.7 :547.265

Илие, П., Дуда, Г. и Визитиу, А. *Исследование возможностей получения аммилового ксантогената из рекуперированного аммилового спирта*

Авторы описывают исследования и способ получения аммилового ксантогената из рекуперированного аммилового спирта, проведенные в лаборатории обогащения Научно-исследовательского и проектного института руд цветных металлов ИЧПМН — Бая Маре.

Ключевые слова: аммиловый ксантогенат, рекуперация, аммиловый спирт.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.413.3 :622.414

Константинеску, И. и Петрилян, И. *Виды механической работы в горной аэродинамике*

Авторы рассматривают некоторые виды проявления механической работы и приводят пример применения механической работы трения при адиабатическом процессе для подсчета температуры подземного воздуха. Рассматриваемые формулы механической работы более точно выражают явления её определения и они могут быть применены при подсёте параметров проветривания.

Ключевые слова: механическая работа, аэродинамика, подземный воздух, параметры.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 553.042 :622.34

Владислав, Т. и Крец, Фл. *Соображения об оценке запасов полезных ископаемых с помощью приближённого вычисления двойных интегралов*

В работе представлены расчётные формулы и алгорифмы двойных интегралов на отдельных плоских площадях, выделяя новые методы погсчета запасов полезных ископаемых (действительные особенно для лигнитных месторождений), в зависимости от геологических структур.

Ключевые слова: оценка, запасы, полезные ископаемые, двойные уинтегралы

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.235 :622.332

Сучу, С *Изменение конструкции скважин в угольном бассейне Валя Жиулуй*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 551.24 :551.7

Павелеску, Л. и Павелеску Мария *Изучение ультраосновных серпентизированных пород Гор Парынг (зона Штефану — Урделе — Коаста луй Русу)*

Авторы представляют результаты изучения зоны алпинских пустот высотой более 2000 м., учитывая кристаллические формации дунайских коренных пород, Джетский кристаллической полосы и осадочных отложений.

Ключевые слова: ультраосновные породы, серпентинизированные, Горы Парынг

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.241 :622.243

Йордаке, Г. *Маневрирование труб в скважинах большого диаметра*

Представлены основные аспекты маневрирования труб в скважинах большого диаметра в случае применения классической условной системы маневрирования, а также в случае применения отечественных гидродомкратов современной конструкции с большой грузоподъемностью.

Ключевые слова: маневрирование, трубы, скважина, классическая условная система, гидродомкраты большой грузоподъёмности.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.276

Попа, К. Г. и др. *Борьба с прорывами песка с помощью метода ИПГ на промысле Виделе*

Представлен метод, разработанный Научно-исследовательским и проектным институтом нефти и газа г. Плоешть для предотвращения и борьбы с прорывами песка на нефтяных промыслах. В то же время представлены результаты применения этого метода в двух полевых экспериментальных случаях на промысле Виделе.

Ключевые слова: борьба, прорыв песка, нефтяное промысло.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.6 :622.6/8

Лупу, Н. и Калькатиндже, В. *Изучение процессов сжигания при организации статистической программы экспериментальных работ.*

Представлена проверка радиальной горелки в рамках организации статистической программы. В качестве независимых переменных были приняты: концентрации метана в топливе, соотношение между действительным количеством воздуха горения и необходимым теоретическим количеством воздуха, температура выходящих газов. В качестве зависимых переменных были приняты: к.п.д. сжигания и к.п.д. теплотехнический.

Ключевые слова: процесс сжигания, метан, горелька радиальная, статистическая программа.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z.622.276 :65.012.12 :536.7

Петре, М. *Интерпретирование результатов химических, термодинамических и гидродинамических исследований в стационарном и нестационарном режимах течения на промысле Таэлэул Маре*

Автор рассматривает проверочные работы, проведенные в период 1968—1982 г.г. на газопромыслах Таэлэул Маре, полученные результаты, указывая экономическую эффективность в зависимости от возможностей дегазолинизации жидкостей, добываемых из данной структуры.

Ключевые слова: структура Таэлэул Маре, режим течения, дегазолинизация, экономическая эффективность.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

**Информации**

* * * *Новые пластинки из керамических волокон для изоляционных целей*

---

## SOMMAIRE

C.Z. 622.27 :614.8 ; 628.512 : 669.2/8

* * * *Technologies d'extraction et préparation des minerais non-ferreux*

Les auteurs analysent les types de gisement dans lesquels sont localisés les minerais non-ferreux, les directions prioritaires de leur extraction, les conditions qui assurent une sécurité complète du travail et de l'environnement, ainsi que les directions des recherches, du développement technologiques et du progrès technique pour leur préparation efficace.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.414 : 622.45

Koch, R. *L'optimisation des principaux paramètres des conduits d'air comprimé — facteur important de réduction de la consommation de l'energie dans l'activité minière*

Sont présentées de nouvelles méthodologies de dimensioner les conduits de l'air comprimé basées sur les coûts de l'energie necessaire pour produir, monter et exploiter ces conduits, en résultant des epargnes importants de l'energie dans l'administration de l'air comprimé en comparaison avec les méthodes usuelles de dimensionement. Les rélations mathématiques établies ainsi que les nomogrammes présentées sont utiles tant dans l'activité de projet-recherche que dans l'exploitation des réseaux de l'air comprimé.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.7 : 547.265

Ilie, P., Duda, Gv. et Vizitiu, A. *Essais sur la synthèse du xanthate amylique de l'alcool amylique récuperé*

Les auteurs décrient les essais et le mode de travail éffectués dans le laboratoire de préparation de l'Institut de recherches et projects pour les minerais non-férreux de Baia Mare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.413.3 : 622.414

Constantinescu, I. et Petrilean, I. *Forme de présentation du travail mécanique dans l'aérodynamique minière*

Les auteurs analysent quelques formes sous lesquelles peut paraître le travail mécanique et présentent un exemple d'utilisation du travail mécanique de friction dans un processus adiabatique pour la calculation de la température de l'air de mine. Les expressions analysées du travail mécanique expriment dans une forme plus correcte le phénomène qui les détermine et elles peut être appliquées dans les calculations de l'aérage.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 553.042 : 622.34

Vladislav, T. et Creţ, Fl. *Considérations sur l'estimation des réserves de substances utiles en utilisant le calcul approximatif de l'integrale double*

Dans l'article on présente des formules et des algorithmes de calculation des integrales doubles pour divers surfaces planes en mettant en évidence de méthodes nouvelles de calculation des réserves de substances minérales valables surtout pour les réserves de lignite en fonction des structures géologiques.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.235 : 622.332

Suciu, S. *Modification de la construction des troux de forage dans le bassin carbonifère de Vallée du Jiu*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 551.24 : 551.7

Pavelescu, L. et Pavelescu Maria *L'étude de roches ultrabasiques serpentinisées de Monts Paring (la zone Stefanu — Urdele — Coasta lui Rusu)*

Les auteurs présentent les résultats des exploration de la region localisée dans la zone des vides alpines aux altitudes plus de 2 000 m. Les investigations se refèrent aux formations cristalinnes de l'autohton danubien, le cristaline de la nappe gétique et aux dépôts sédimentaire.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.241 : 622.243

Iordache, G. *La manoeuvre du matériel tubulaire dans les troux de forage à larges diamètres*

Sont presentés les principaux aspects de la manoeuvre du matériel tubulaire dans les troux de forage à larges diamètres dans le cas de l'utilisation du système de manoeuvre classique, conventionel et dans cel de l'utilisation des vérins hydrauliques construits pour des grands capacités, dans une vision moderne et originale.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.276

Popa, C. Gh. et al. *Le contrôle des sables boulants avec la méthode IPGP dans les sondes de pétrole du périmètre Videle.*

Est présentée une méthode originale élaborée par l'Institut de Pétrole et Gaz de Ploieşti (IPGP) pour la prévention et le contrôle des sables boulants dans les sondes de pétrole. En même temps sont exposés les résultats de cette méthode dans le cadre des deux experiments dans les chantiers de Videle.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 662.6 : 622.618

Lupu, N. et Calcatinge, V. *L'investigation des processus de combustion à l'aide d'un programme statistique experimental.*

On présente un test avec un brûleur radiant ayant comme variables indépendantes la concentration du gaz méthane, le rapport entre l'air de combustion réelle utilisé et l'air théorique necessaire, ainsi que la température d'évacuation des gaz brûlés. Comme variables dépendants ont été choisi le rendement de combustion et le rendement thérmotechnique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.276 : 65.012.12 : 536.7

Petre, M. *L'interprétation des résultats des travaux de recherche chimiques, thérmodynamiques et hydrodynamiques en régime stationaire et nonstationaire d'écoulement obtenus aux sondes de gaz naturel de Tazlău Mare.*

L'auteur analyse les résultats des tests éffectués dans l'interval des années 1968—1982 qui présentent des implications économiques en fonction de possibilités de dégazolinage des fluides exploités de la structure respective.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

* * * *Nouvelles plaques isolantes de fibre céramique.*

---

# INHALT

C.Z. 622.27 : 614.8 : 628.512 : 669.2/8

* * * *Gewinnugs — und Aufbereitungstechnologien der nichteisenen Erze*

Die Verfasser prüfen die Lagerstättentypen von S. R. Rumänien in welchen die nicht-eisenen Erzenreserven sich befinden, deren vorzüglichen Gewinnungsrichtungen, die Bedingungen einer vollkommlichen Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes, sowie die Hauptrichtungen der wissenschaftlichen Forschungen, der technologischen Entwicklung und des technischen Fortschrittes auf dem Gebiet der Aufbereitung der nicht-eisenen Erze.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.414 : 622.45

Koch, R. *Optimisierung der Hauptparameter der Druckluftleitungen-wichtiger Einsparungsfaktor des Energieverbrauches im Bergbau*

Neue Dimensionierungsmethoden der Druckluftleitungen, auf Grundlage der Kosten und der für die Herstellung, die Installierung und den Betrieb dieser Leitungen verbrauchten Energie, vorgestellt werden, woraus wesentliche Energieeinsparungen in der Druckluftwirtschaft gegenüber den üblichen Dimensionierungsmethoden resultieren. Die festgestellten mathematischen Relationen und die gezeigten Nommogramme sind für die Projektierungs- und Forschungsarbeiten sowie für den Druckluftnetzbetrieb nutzbar.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.7 : 547.265

Ilie, P., Duda, Gv. und Vizitiu, A. *Versuche über die Synthese des Amylxanthates aus rückgewonnenem Amylalkohol*

Die Verfasser deschreiben die Versuche und die Arbeitsweise bei der Synthese des Amylxanthates aus rückgewonnenem Amylalkohol, wobei diese Versuche in dem Aufbereitungslabor des Forschungs- und Projektierungsinstitutes für nichteisene Erze Baia Mare erfolgten.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.413.3 : 622.414

Constantinescu, I. und Petrilean, I. *Vorstellungen der mechanischen Arbeit in der bergmännisshen Luftdynamik*

Die Verfasser überprüfen einige Formen der mechanischen Arbeit und stellen einen Anwendungsbeispiel der Reibungsarbeit in einem adiabatischen Prozess zur Berechnung der Grubenlufttemperatur vor. Die überprüften Ausdrücke der mechanischen Arbeit stellen eine genauere Form dieser Erscheinungen dar und können an die Bewetterungsrechnungen angewendet werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 553.042 : 622.34

Vladislav, T. und Creţ, Fl. *Betrachtungen über die Einschätzung der Vorräte von nutzbaren Mineralstoffen durch die Anwendung der angenäherten Doppelintegralrechnung*

In dem Artikel werden Rechenformel und -algorithmen der Doppelintegralien auf verschiedenen Flächen vorgestellt, wobei neue Rechnungsmethoden der Vorräte von Mineralstoffen, besonders der Lignitvorräte, als Funktion der geologischen Struktur, betont werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.235 : 622.332

Suciu, S. *Konstruktionsänderung der Bohrlöcher in dem Kohlenrevier des Jiu Tals*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 551.24 : 551.7

Pavelescu, L. und Pavelescu, Maria *Studium über das ultrabasische Serpentingestein in den Paring Bergen (Gebiet Ştefan— Urdele— Coasta lui Rusu)*

Die Verfasser stellen die Ergebnisse der auf dem vorgenannten Gebiet, in dem Bereich von Alpenhohlräumen, bei Höhen über 2000 m erfolgten Untersuchungen vor, wobei die Kristallgebilde des autochthonen Donaufundamentes, das Kristallin des getischen Deckblattes und die sedimentären Lagerstätten betroffen werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 622.241 : 622.243

Iordache, G. *Führung der Röhrenmittel in die Grosslochbohrungen*

Vorgestellt werden die Hauptaspekte der Führung der Röhrenmittel in die Grosslochbohrungen, mit Hinweis auf der Anwendung des klassischen, konventionellen Führungssystems sowie der für grosse Kapazitäten hergestellten hydraulischen Winden, in einer originellen und modernen Vision.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

C.Z. 622.276

Popa, C. Gh. *Bekämpfung des Schwimmsanddurchbruches durch Anwendung der I.P.G.-Methode bei dem Erdölfeld Videle*

Ein Originalmethode, entwickelt im Rahmen des Instituts für Erdöl und Gas von Ploiești, zur Verhütung und Bekämpfung des Schwimmsanddurchbruches in den Erdölbohrungen ist vorgestellt. Darüberhinaus werden auch die Ergebnisse der Anwendung dieser Methode in zwei Experimenten auf dem Erdölfeld Videle aufgewiesen.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 1982

---

C.Z. 662.6 : 662.6/8

Lupu, N. und Calcatinge, V. *Untersuchung der Brennprozesse im Rahmen eines statistischen Prüfprogrammes*

Die Prüfung eines Strahlungsbrenners durch die Organisierung eines statistischen Programmes wird vorgestellt. Als unabhängigen Variablen wurden die folgenden Parameter gewählt: die Methangaskonzentration in dem Brennstof das Verhältnis zwischen der tatsächlich verbrauchten und de theoretisch benötigten Luftmenge und die Temperatur de Brenngasabführung. Als abhängigen Variablen wurden de Brennungs- und thermotechnischer Wirkungsgrad gewählt

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 198

---

C.Z. 622.276 : 65.012.12 : 536.7

Petre, M. *Auslegung der Ergebnisse von chemischen, ther modynamischen und hydrodynamischen Untersuchun gen, in stationärem und nicht-stationärem Strömungs zustand in einigen Erdgasbohrungen von Tazlăul Mar*

Der Verfasser stellt die Ergebnisse der in dem Ze traum 1968—1982 durchgeführten Versuche und dere wirtschaftlichen Wirkungen als Funktion der Gasolinab scheidungsmöglichkeiten der aus der betreffenden Struktu geförderten Flüssigkeiten vor.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 11, 198

---

* * * *Neue Plattenisolatoren aus Keramikfasern*

---

Revista MINE, PETROL și GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră București
Calea Victoriei 220, sector I, cod. 71104, C.P. 22 — 146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Intreprinderea poligrafică „Informația" str. Brezoianu nr. 23—25, București c. 2460

**Prețul: 13 lei/exemplar**

c. 2605

# Tehnologii de extracţie şi de preparare a minereurilor neferoase*)

În abordarea direcţiilor de dezvoltare a tehnologiilor de valorificare, în scopul asigurării, într-o măsură cît mai mare, a necesarului economiei naţionale cu metale neferoase, se au în vedere, în primul rînd, particularităţile potenţialului geologic de materii prime.

Rezervele de minereuri neferoase din România sînt cantonate într-o diversitate de tipuri de zăcămînt şi anume:

— zăcăminte tabulare din cristalin (Baia Borşa, Leşu Ursului);

— zăcăminte filoniene cu grosime mare (Baia Sprie, Şuior);

— zăcăminte lenticulare, stockuri şi alte forme cu dimensiuni mari (Băiaţ, Deva, Baia de Arieş, Moldova Nouă);

— zăcăminte stratiforme cu înclinare mică (Rodna);

— zăcăminte filoniene cu grosime mică şi medie (Munţii Apuseni, Baia Mare);

— zăcăminte de impregnaţie cu conţinut scăzut.

Aceste zăcăminte se caracterizează prin variaţii mari a proprietăţilor mecanice ale rocilor în care sînt cantonate minereurile, frecvenţa mare a zonelor oxidate şi a mineralizaţiilor fin diseminate.

La fel ca şi pe plan mondial, are loc scăderea naturală a conţinuturilor şi adîncirea continuă a minelor, coborîrea anuală a nivelului de extracţie fiind de 8—12 m în zăcăminte filoniene şi de 4—5 m în cele tabulare din cristalin.

În acelaşi timp, reducerea grosimii zăcămintelor, localizarea rezervelor în zone mai greu accesibile şi dispersia corpurilor mineralizate, determină creşterea volumului specific al lucrărilor de pregătire. În toate minele, dar mai ales în cele vechi, excavaţiile executate creează influenţe nefavorabile asupra stabilităţii lucrărilor miniere, impunînd rambleierea unui volum tot mai mare de goluri.

Tehnologiile actuale de săpare şi excavare se bazează pe lucrări de perforare-împuşcare. La săparea galeriilor se lucrează cu perforatoare pneumatice pe coloane telescopice, cu încărcarea mecanizată a rocii, fiind în curs de introducere cărucioarele de perforare şi benzile de transbordare a materialului. La săparea suitorilor au început să se aplice platformele de săpare tip ALIMAK şi tehnologia de săpare cu perforarea găurilor pe toată lungimea suitorului cu împuşcare ascendentă pe tronsoane. În abataje, pe lîngă perforatoarele pneumatice se extinde perforarea găurilor de lungime medie cu instalaţii de perforare grele.

Metodele de exploatare cele mai răspîndite sînt: cu înmagazinare, cu rambleiere, cu surpare în felii orizontale, cu surpare în subetaje.

Pe plan mondial, la săparea galeriilor se utilizează cărucioare de perforare echipate cu perforatoare pneumatice şi hidraulice, încărcarea şi transportul materialului se execută cu maşini de încărcat de mare capacitate, încărcătoare frontale, vagonete navetă. Pentru lucrări de amploare se utilizează combine de săpare pe toată secţiunea. La săparea suitorilor, alături de tehnologiile bazate pe perforare-împuşcare, la care se utilizează platforme de săpat suitori, s-au extins procedeele de săpare cu perforarea găurilor pe toată lungimea suitorilor şi forarea suitorilor pe toată secţiunea. Metodele de exploatare cele mai utilizate sînt cele cu spaţiul exploatat deschis, cu rambleiere şi cu surpare, fiind caracterizate prin secţiuni mari a frontului de lucru, care permit folosirea unor utilaje de mare capacitate. Tot pe plan mondial se preconizează perfecţionarea instalaţiilor de perforare, extinderea perforării hidraulice, utilizarea de procedee de perforare bazate pe metode fundamental noi (Suedia, U.R.S.S., S.U.A.); extinderea tăierii mecanice pe principiul sfărîmării prin lovire cu cuţite sau discuri, fragmentarea unui gen de carotă şi tăierea acesteia (Suedia, Finlanda); generalizarea executării suitorilor prin forare sau cu găuri executate pe toată lungimea acestora (S.U.A., Finlanda); presfărîmarea masivului de

*) La elaborarea acestui material au colaborat tovarăşii: dr. ing. *P. Ilie*, ing. *Gh. Vasile*, dr. ing. *I. Gál*, ing. *I. Duma*, ing. *I. Bărbos*, ing. *A. Brâncuşi*, chim. *P. Tutsek*, ing. *D. Poduţ*, ing. *N. Borduz* de la Institutul de cercetări, inginerie tehnologică şi proiectări pentru minereuri neferoase Baia Mare.

minereu şi apoi extragerea acestuia în flux continuu (U.R.S.S., Suedia); exploatarea rezervelor de pe fundul oceanelor (S.U.A., Japonia, R.F.G.); extinderea şi generalizarea conducerii activităţii din mine cu ajutorul calculatoarelor (Japonia, Franţa R. S. Africană, R.F.G., Belgia, Austria, Anglia etc.); exploatarea zăcămintelor sărace şi situate în zone greu accesibile prin fisurarea preliminară a zăcământului cu ajutorul exploziilor nucleare subterane urmată de leşierea bacteriană (S.U.A.) sau numai prin leşiere (S.U.A., U.R.S.S., Canada, Mexic).

Strategia de dezvoltare în ţara noastră a tehnologiilor de extracţie a minereurilor neferoase se stabileşte avînd în vedere următoarele:

- condiţiile geo-miniere ale zăcămintelor care sînt foarte variate şi dificile;
- faţă de ţările puternic dezvoltate, industria minieră şi cea constructoare de utilaj minier prezintă unele rămîneri în urmă în ceea ce priveşte mecanizarea complexă a lucrărilor, automatizarea, perfecţionarea utilajelor miniere, introducerea calculatoarelor pentru conducerea unor activităţi din subteran;
- creşterea costului energiei face ca tendinţa de mecanizare şi de introducere a unor procese tehnologice mari consumatoare de energie să fie frînată şi impune folosirea unor utilaje cu randament mare de transformare a energiei primare, context în care se prevede înlocuirea energiei pneumatice în viitor;
- dezvoltarea armonioasă a tuturor ramurilor industriale nu permite creşterea numărului personalului din industria minieră în aceeaşi proporţie cu creşterea necesarului de materii prime, ceea ce impune ridicarea accentuată a productivităţii muncii.

În acest context, direcţiile prioritare ale dezvoltării ştiinţei, tehnologiei şi progresului tehnic din ţara noastră, privind tehnologiile de extracţie a minereurilor neferoase, sînt:

— elaborarea unor metodologii de explorare detaliată prin foraje a zăcămintelor, în vederea reducerii volumului de lucrări miniere executate în acest scop;

— studierea unor noi sisteme de deschidere a zăcămintelor şi a orizonturilor productive care să reducă volumul lucrărilor miniere, să permită aplicarea unor tehnologii de mare productivitate în toate fazele exploatării bazate pe folosirea utilajelor de mare capacitate;

— introducerea unor tehnologii de săpare rapidă a lucrărilor miniere orizontale, în vederea sporirii de cîteva ori a vitezelor de înaintare şi a productivităţii muncii;

— introducerea executării galeriilor prin forare pe toată secţiunea sau cu combine;

— extinderea săpării lucrărilor înclinate cu platforme de săpare şi a tehnologiilor de forare a suitorilor şi puţurilor;

— elaborarea unor metode şi tehnologii de susţinere a lucrărilor miniere bazate pe studii fundamentale de mecanica rocilor care să asigure stabilitatea în timp a lucrărilor şi consum redus de materiale;

— elaborarea unor metode de exploatare specifice zăcămintelor tabulare de minereuri care să permită folosirea, în toate fazele procesului tehnologic, a utilajelor de mare capacitate;

— perfecţionarea metodelor de exploatare a filoanelor groase şi foarte groase, a metodelor de exploatare cu subetaje şi găuri de lungime medie, cu camere şi pilieri, cu rambleiere;

— perfecţionarea metodelor de exploatare a corpurilor de minereu de dimensiuni mari şi dirijarea procesului tehnologic în vederea uniformizării conţinutului minereului extras;

— elaborarea unor metode de exploatare specifice zăcămintelor stratiforme care să permită mecanizarea întregului proces tehnologic;

— perfecţionarea fazelor tehnologice mari consumatoare de manoperă la exploatarea zăcămintelor filoniene de grosime mică şi medie;

— elaborarea unor metode de exploatare pentru recuperarea rezervelor din pilieri, panouri izolate, zone vechi de rambleu, zone cu condiţii geo-miniere dificile;

— studierea dirijării granulometriei la excavarea rocilor, în vederea uşurării mecanizării;

— elaborarea unor noi metode de dirijare a presiunii rocilor și realizarea de noi tipuri de susținere, în vederea reducerii consumului de materiale și a cheltuielilor de manoperă.

Pentru realizarea acestor obiective, este necesar ca industria constructoare de utilaje și mașini miniere să asigure:

- instalații de perforare pentru lucrări de înaintare și abataje, autopropulsate, cu mai multe brațe manipulatoare, dotate cu perforatoare hidraulice;
- utilaje de încărcare și transport de mare capacitate (mașini de încărcat cu și fără siloz);
- mijloace de transport subteran care să asigure vehicularea unor cantități mari de minereu și rambleu: transport hidraulic, benzi de transport, acționări prin motoare liniare, transport containerizat prin depresiune, transportoare vibrante;
- dispozitive de comandă de la distanță a mașinilor miniere;
- elemente pentru automatizarea instalațiilor staționare miniere (ventilatoare, pompe, compresoare etc.);
- utilaje pentru mecanizarea operațiilor auxiliare: copturire, ancorare, încărcarea și burarea găurilor de mină, spargerea blocurilor mari;
- utilaje mobile de foraj prin carotare pentru cercetarea detaliată a mineralizației.

În vederea asigurării securității muncii și protecției mediului înconjurător, sînt necesare:

— cercetări pentru combaterea prafului, vibrațiilor, zgomotului și temperaturii;

— perfecționarea tehnologiilor de epurare a apelor din industria minieră;

— cercetări privind influența golurilor subterane, rezultate în urma exploatării minereurilor neferoase asupra stabilității lucrărilor miniere și a suprafeței;

— cercetări privind reducerea poluării mediului înconjurător și redarea în folosință agrosilvică a terenurilor afectate de exploatările miniere.

Realizarea obiectivelor de cercetare preconizate necesită cooperare internațională privind:

— aplicarea unor tehnologii eficiente pentru exploatarea unor zăcăminte cu condiții geo-miniere complexe;

— tehnologiile moderne de săpare rapidă a lucrărilor miniere;

— creșterea gradului de mecanizare și automatizare la aplicarea unor tehnologii de exploatare cunoscute;

— intensificarea cooperării pentru cercetarea geologică a platformei marine și a oceanelor.

Realizarea programului de cercetare privind tehnologiile de extracție a minereurilor neferoase va permite valorificarea complexă a potențialului geologic de materii prime, în vederea satisfacerii necesităților de consum ale economiei naționale, în condițiile creșterii eficienței activității de cercetare și asigurării protecției mediului înconjurător.

★

Cercetarea științifică, dezvoltarea tehnologică și introducerea progresului tehnic în domeniul *tehnologiilor de preparare a minereurilor neferoase* are ca sarcină atragerea în circuitul economic a resurselor minerale sărace, pentru prelucrarea în condiții de eficiență economică a resurselor posibil recuperabile, care reprezintă 60 —70 % din potențialul geologic de materii prime.

Valorificarea, în condiții de eficiență, a resurselor sărace impune creșterea gradului de recuperare a metalelor de bază, recuperarea metalelor însoțitoare și găsirea unor soluții de utilizare a deșeurilor nemetalifere.

Tehnologiile de preparare aplicate în prezent pe plan mondial, în diverse variante, se regăsesc și la noi în țară, adaptate la specificul materiei prime. Astfel, pentru minereurile complexe de Pb —Zn —S se aplică mai multe variante tehnologice ca: flotația colectivă integrală urmată de separarea piritei și a concentratului colectiv Pb —Zn; flotația colectivă Pb —Zn cu flotația piritei sau fără recuperarea piritei; flotația colectivă Zn —Py urmată de separarea concentratului colectiv.

Pentru minereurile de Pb —Zn —Cu —S se aplică, în principal, două variante tehnologice: dublă flotație colectivă urmată de separarea concentratelor

colective de Pb—Cu și Zn—Py și flotația semidiferențială pentru minereuri fin concrescute. Pentru minereurile cuprifere piritoase se aplică variante tehnologice ca: flotația colectivă a concentratului de cupru și pirită sau flotația colectivă Cu—Py urmată de separarea concentratului colectiv.

Aplicarea de tehnologii perfecționate, în unele uzine de preparare din țară, determină realizarea unor randamente de extracție apropiate de cele realizate pe plan mondial, de 85—90% la Pb, 85—90% la Zn și 87—90% la Cu. Există însă și uzine de preparare în care randamentele de extracție sînt scăzute (de 56—64,7% la Pb, 66,5—75% la Zn și 70—77% la Cu).

Costurile de preparare variază de la 53 la 130 lei pe tona de minereu prelucrat, iar consumurile de energie electrică între 25 și 42,5 kWh/t. Costuri și consumuri energetice ridicate se constată, mai ales, la uzinele de preparare de capacitate redusă și la cele care prelucrează minereuri cu grad ridicat de diseminare.

În ceea ce privește tehnologiile combinate, tehnologiile de extracție cu solvenți lichizi, lesierea bacteriană etc., pe plan mondial acestea au început să se aplice cu rezultate superioare tehnologiilor clasice. La noi în țară, aceste preocupări sînt încă în faza de cercetare-experimentare. De asemenea, gradul de automatizare și recircuitare a apelor uzate este mai redus față de nivelele atinse pe plan mondial.

Metalele neferoase urmează a se extrage prin prelucrarea minereurilor polimetalice de Pb—Zn—Cu—S, din rezerve în care minereurile cu grad avansat de concreșteri reprezintă circa 58% și prelucrarea minereurilor cuprifere, din care rezervele sărace (cu conținut de 0,2—0,4% Cu) au o pondere de circa 88%. Ca surse secundare de materie primă pentru obținerea metalelor neferoase și însoțitoare se au în vedere: sterilele de flotație, hălzile de la exploatările miniere sau galerii de cercetare geologică, ape de mină, zone vechi rambleate etc.

Avînd în vedere necesarul de metale neferoase, stadiul actual de dezvoltare al tehnologiilor de preparare la noi în țară, stadiul actual și tendințele de dezvoltare pe plan mondial al acestor tehnologii, precum și baza de materii prime, direcțiile prioritare ale cercetării științifice, dezvoltării tehnologice și progresului tehnic privind tehnologiile de preparare a minereurilor neferoase, sînt:

- perfecționarea tehnologiilor de pregătire a minereurilor, inclusiv aplicarea proceselor de separare în medii grele, a metodelor de separare radiometrică și a altor metode de separare, măcinarea autogenă și măcinarea cu bulgări, a unor metode bazate pe principii noi de măcinare prin explozie, în jet de aburi etc.;
- perfecționarea tehnologiilor existente și elaborarea altora noi mai eficiente pentru prepararea minereurilor de metale neferoase, ce asigură valorificarea complexă a materiilor prime și o producție fără deșeuri;
- sinteza unor reactivi noi de flotație, netoxici, cu proprietăți selective ridicate;
- elaborarea unor tehnologii și scheme combinate ce cuprind preparare, pirohidrometalurgie, chimie, microbiologie și alte procese, în scopul atragerii în prelucrare a materiilor prime greu preparabile și cu compoziție complexă;
- elaborarea unor scheme de recircuitare a apelor cu regenerarea reactivilor;
- elaborarea unor tehnologii de extracție a metalelor prin lesiere bacteriană și extractanți lichizi;
- elaborarea unor tehnologii de valorificare a minereurilor polimetalice sărace (flotare colectivă + remăcinare produse + separare concentrate colective);
- modelarea proceselor de preparare și conducerea cu calculatoare de proces a uzinelor de preparare;
- elaborarea tehnologiilor pentru extracția metalelor din soluții cu schimbători de ioni;
- perfecționarea utilajelor de preparare existente și realizarea unor utilaje noi mai productive și mai eficiente ca: celule de flotație de mare capacitate, mori autogene de diametre mari, filtre și îngroșătoare de mare capacitate.

Pentru realizarea obiectivelor de cercetare prevăzute este necesară sporirea fondurilor de cercetare, creșterea numărului personalului de cercetare și a nivelului de dotare a laboratoarelor, stimularea atragerii în activitatea de cer-

cetare a celor mai buni specialişti, organizarea corespunzătoare a documentării şi informării lor prin:

— specializări în străinătate;

— asigurarea de fonduri valutare pentru abonamente la reviste străine şi procurare de cărţi de specialitate;

— organizarea oficiilor de informare la nivelul institutelor de cercetare;

— participarea la congrese internaţionale, schimburi de experienţă etc.

Pentru îmbunătăţirea dotării tehnice a laboratoarelor de cercetare sînt necesare: microscop electronic cu microsondă, difractometru cu raze X, derivatograf, osciloscop cu memorie, analizor statistic de potenţiale, înregistrator logaritmic, cromatograf de gaze cu program de temperatură, cromatograf lichid, spectrometru în infraroşu etc.; de asemenea dezvoltarea laboratorului de analize fizico-chimice prin dotare cu aparatură specifică (spectrometru cu plasmă, spectrofotometre cu absorbţie atomică, aparatură electrochimică etc.).

Este necesară mărirea şi modernizarea staţiilor pilot existente şi amenajarea unor noi staţii pilot pentru:

— prelucrarea prin tehnologii combinate a minereurilor polimetalice;

— experimentarea tehnologiei de obţinerea a gazelor combustibile;

— sinteza reactivilor de flotaţie şi a extractanţilor lichizi.

Pentru valorificarea complexă a materiei prime minerale, atragerea în circuitul economic a unor rezerve tot mai sărace, ridicarea calităţii concentratelor şi reducerea poluării mediului înconjurător, se impune dezvoltarea cooperării tehnico-economice şi ştiinţifice internaţionale în următoarele domenii:

— elaborarea de tehnologii noi care să permită valorificarea complexă a minereurilor sărace şi greu prelucrabile;

— tehnologii de preconcentrare şi omogenizare a minereurilor;

— sinteza unor noi reactivi şi extractanţi lichizi;

— asimilarea unor noi utilaje de mare capacitate şi cu indicatori tehnico-economici ridicaţi;

— realizarea unor echipamente tehnice speciale cum sînt separatoarele magnetice cu sistem CRYOSTAT;

— protecţia utilajelor de preparare împotriva abraziunii şi coroziunii;

— automatizarea şi conducerea automată a proceselor de preparare.

Realizarea obiectivelor de cercetare prevăzute va conduce la o creştere substanţială a eficienţei economice prin:

- sporul de producţie realizat ca urmare a creşterii randamentelor de extracţie şi valorificării unor minereuri sărace şi greu prelucrabile;
- reducerea cheltuielilor de producţie, a consumurilor materiale şi energetice;
- reducerea importurilor de metale neferoase şi însoţitoare şi exportul de tehnologii.

Creşterea producţiei de metale neferoase, pe baza valorificării cercetărilor preconizate, va permite dezvoltarea, în ritm rapid, a industriilor constructoare de maşini, maşini-unelte automatizate, elemente de automatizare şi tehnică fină, produse electronice şi tehnică aviatică, ceea ce va însemna înscrierea ţării noastre în rîndul ţărilor puternic dezvoltate.

# Optimizarea parametrilor principali ai conductelor de aer comprimat—factor important de reducere a consumului de energie în minerit

Ing. **R. Koch**
I.C.P.M.N. Baia Mare

## I. Generalităţi

Energia pneumatică reprezintă 40—60% din totalul energiei necesare extracţiei miniere în subteran. Consumul specific de aer comprimat în bazinul minier Baia Mare variază, în funcţie de condiţiile de zăcămînt, între 100 şi 180 $m^3/t$ minereu extras, echivalînd cu 12—20 kWh/t.

Odată cu îngustarea filoanelor — fenomen ce se petrece de obicei odată cu adîncirea exploatărilor — se remarcă creşterea exponenţială a consumului specific de aer comprimat, reprezentat în figura 1 la nivelul minei, în cazul aplicării metodei de exploatare cu înmagazinarea minereului în spaţiul exploatat, caracteristic bazinului minier Baia Mare.

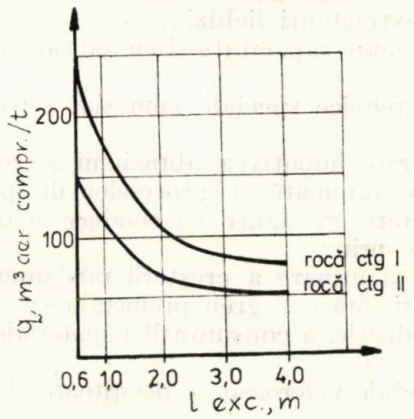



Fig. 1

Urmare a înrăutăţirii condiţiilor de zăcămînt, va creşte consumul specific de aer comprimat şi, implicit, cantitatea de aer comprimat vehiculată prin conducte spre fronturile de lucru, care se îndepărtează continuu faţă de staţiile de aer comprimat.

În vederea reducerii consumului de energie şi, implicit, a creşterii performanţelor utilajelor pneumatice, o importanţă deosebită o are dimensionarea judicioasă a conductelor de aer comprimat, în special în cazul debitelor mai însemnate [$E = f(D^{-5}, Q^3)$].

Instrucţiunile actuale prevăd ca pierderea de presiune între compresor şi consumator să se încadreze în limita de 8% din valoarea presiunii create de compresor. În practică, pe baza măsurătorilor, se constată că pierderea de presiune variază între 3 şi 20%, iar vitezele de vehiculare a aerului comprimat în conducte între 4 şi 11 m/s. Aceste variaţii reclamă îmbunătăţirea metodelor de dimensionare a reţelelor de aer comprimat, pe baza costurilor şi energiei necesare producerii şi exploatării conductelor de aer comprimat, prin relaţii şi diagrame practice.

Dimensiunea optimă absolută a conductelor de aer comprimat ar rezulta în urma unei analize de ansamblu, de la producerea aerului comprimat pînă la lucrul mecanic efectuat de utilajul pneumatic, asigurînd în ansamblul compresor — reţea — utilaj un cost sau energie consumată minimă, la nivelul unei performanţe maxime raţionale. La realizarea acestui optim global, participarea preponderentă o are stabilirea dimensiunii optime a conductelor de aer comprimat.

## II. Dimensionarea conductelor de aer comprimat pe baza costurilor

Diametrul optim a conductelor de aer comprimat se va calcula pe durata de funcţionare a lor la nivelul debitului optim $Q$, contînd în medie — în afara pozării iniţiale — pe încă o montare-demontare (+15% din costul iniţial) şi o înlocuire de 10% din lungimea conductei în cursul reparaţiilor.

Diametrul optim se obţine prin minimizarea funcţiei de cost formată din preţul de achiziţionare, montare, reparare a conductei $C_i$ şi din costul energiei de vehiculare a aerului comprimat $C_E$ în perioada de funcţionare $t$ a conductei, corespunzător debitului de aer comprimat $Q$:

$$C_t = C_i + C_E = r\,c\,l\,D + \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2\gamma}{2g} \frac{Qtc_e}{102\,\eta} =$$

$$= r\,c\,l\,D + \frac{814 \cdot 10^{-6}\,\lambda\,l\,Q^3\,D^{-5}\gamma\,t\,c_e}{\eta}, \text{ lei} \qquad (1)$$

în care:

$r$ este coeficientul supraunitar, reprezentînd majorarea costului de achiziţionare cu cota destinată remontării şi reparării conductei în perioada $t$ (se consideră $r = 1{,}25$);

$c$ — costul de achiziţionare a conductei de aer comprimat, inclusiv montarea ei în prima poziţie. În prima fază a calculului se va utiliza un cost mediu de 1 510 lei/m diametru, rezultat din compararea a 11 conducte uzuale (tab. 1);

*Tabelul 1*

| Diametrul interior al conductelor, mm | Cost mediu, $c$, lei/m diametru | Influența asupra diametrului calculat în prima fază, % |
|---|---|---|
| 50–125 | 1 060 | +5 |
| 147–166 | 1 510 | ±0 |
| 203–359 | 1 870 | −4 |

$l$ — lungimea conductei, m;

$D$ — diametrul conductei de aer comprimat, m;

$\lambda$ — coeficientul de frecare a conductei; conform formulei Blazius pentru mișcări turbulente ($R_e > 2\,000$):

$$\lambda = 0{,}3164 \sqrt[4]{\frac{\nu}{v_1 d}}$$

($\nu$ — vîscozitatea cinematică, cm²/s; $v_1$ = viteza aerului comprimat, cm/s; $d$ — diametrul conductei în cm). Pentru condiții medii din subteran, durata medie de funcționare și pentru gama de diametre uzuale:

$\lambda_{mediu} = 0{,}020$;

$v$ — viteza aerului comprimat, m/s;

$\gamma$ — greutatea specifică a aerului la presiunea efectivă $p$:

$$\gamma = \frac{p}{C_L T},$$

($p$ — presiunea absolută a aerului comprimat pentru compresoare Reșița 1V, 2V, 3V este 80 000 kgf/m²; $C_L$ — constanta gazelor pentru aer uscat 29,27 kgm/kg °C; $T$ — temperatura absolută 273° + 20° = 293°). Rezultă $\gamma_{mediu}$ = = 9,3 kgf/m³;

$g$ — accelerația gravitațională (9,81 m/s²);

$Q$ — debitul de aer comprimat vehiculat prin conductă, m³/s;

$t$ — durata de funcționare a conductei la nivelul debitului $Q$, ore;

$c_e$ — costul specific al energiei electrice (se consideră 0,40 lei/kWh);

$\eta$ — randamentul izotermic total a transformării energiei electrice în energie pneumatică (în medie 0,70).

Se remarcă, de la început, că în expresia diametrului optim, exceptînd debitul $Q$, restul factorilor vor figura în forma $X^{1/6}$, variația lor avînd influențe minime asupra rezultatului. Astfel, este posibilă simplificarea importantă a relațiilor matematice, introducînd valorile medii a acestor factori în expresia $A$. Dacă totuși se folosesc alte valori, mult diferite față de cele considerate, corectarea rezultatului se face cu ușurință, influența calculîndu-se printr-un coeficient rezultat din raportul celor două valori.

În tabelul 2 diametrul optim se calculează prin metoda directă.

*Tabelul 2*

| Diametrul interior al conductei, mm | Viteza curentului de aer comprimat, m/s | Scăderea de presiune, $\Delta p = 0{,}95\frac{v^2}{D}$, mmCA/100 m | Costuri, mii lei/100 m | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $C_i = 100\,rcD$ | $C_E = \frac{\Delta pQ}{102\,\eta}\,tc_e$ | $C_t = C_i + C_E$ |
| 166 | 8,6 | 424 | 31,3 | 39,4 | 70,7 |
| 203 | 5,9 | 162 | 47,5 | 15,0 | 62,6 |
| 217 | 5,1 | 114 | 50,7 | 10,6 | 61,3 |
| 229 | 4,5 | 85 | 53,5 | 7,9 | 61,4 |
| 257 | 3,7 | 49 | 60,1 | 4,5 | 64,6 |
| 283 | 3,0 | 31 | 66,2 | 2,8 | 69,0 |
| 308 | 2,57 | 20 | 72,0 | 1,9 | 73,9 |
| 359 | 1,88 | 9 | 83,9 | 0,9 | 84,8 |
| 400 | 1,51 | 5 | 93,5 | 0,5 | 94,0 |

Minimizarea funcției de mai sus se poate rezolva prin metoda directă, calculînd valoarea pe baza devizelor și parametrilor diferențiați pentru mai multe diametre considerate în zona vitezelor optime (fig. 2, tab. 2, fig. 4) sau prin metoda indirectă, anulînd derivata funcției față de $D$, astfel:

$$\frac{dC_t}{dD} = rcl - \frac{5 \cdot 814 \cdot 10^{-6} \lambda l Q^3 D^{-6} \gamma t c_e}{\eta} = 0 \qquad (2)$$

$$D_0 = \sqrt[6]{\frac{4\,070 \cdot 10^{-6} \lambda Q^3 \gamma t c_e}{r c \eta}} = \sqrt[6]{AtQ^3}, \quad \text{m} \qquad (3)$$

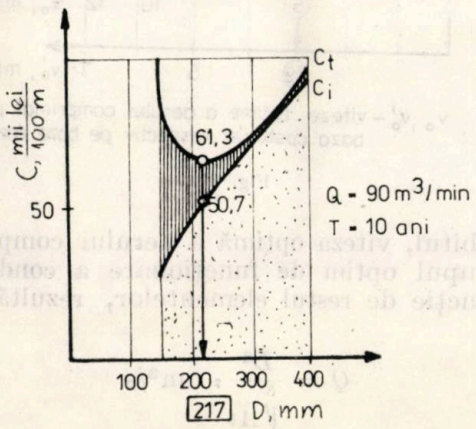



Fig. 2

Înlocuind parametrii $\lambda$, $\gamma$, $c_e$, $r$, $c$, $\eta$ cu valorile lor medii, rezultă:

$$A = \frac{4\,070 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}020 \cdot 9{,}3 \cdot 0{,}40}{1{,}25 \cdot 1\,510 \cdot 0{,}70} = 0{,}23 \cdot 10^{-6}$$

$$D_0 = \sqrt[6]{0{,}23 \cdot 10^{-6} tQ^3}, \text{ m} \qquad (4)$$

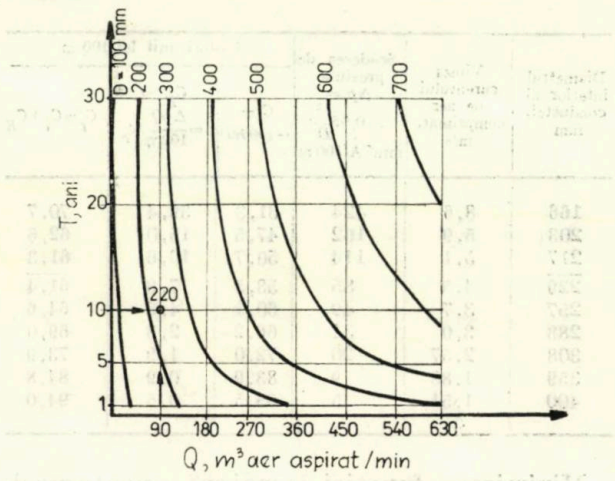



Fig. 3

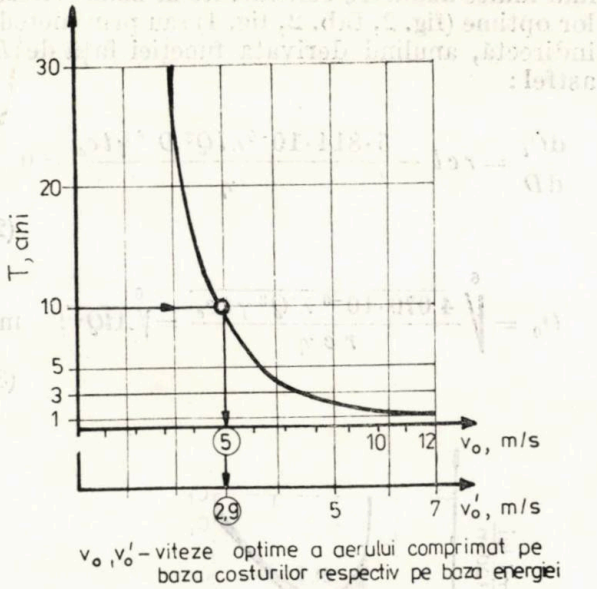



Fig. 4

Debitul, viteza optimă a aerului comprimat și timpul optim de funcționare a conductei, în funcție de restul elementelor, rezultă:

$$Q = \frac{D^2}{\sqrt[3]{At}}, \text{ m}^3/\text{s} \qquad (5)$$

$$v = \frac{1{,}28}{\sqrt[3]{At}}, \text{ m/s} \qquad (6)$$

$$t = \frac{2{,}07}{Av^3}, \text{ h} \qquad (7)$$

Diagrama din figura 3 servește determinării rapide a parametrilor de mai sus.

Aplicînd relația (4), pentru $Q = 90$ m³ aer aspirat/min. $= 0{,}19$ m³ aer comprimat/s ($p = 7$ at) și $T = 10$ ani (87 600 ore):

$$D_0 = \sqrt[6]{0{,}23 \cdot 10^{-6} \cdot 87\,600 \cdot 0{,}19^3} = 0{,}226 \text{ m}$$

Se acordă corecția din tabelul 1 ($0{,}226 \times 0{,}96 = 0{,}217$ m) și se alege din catalog conducta cu diametrul imediat superior ($D_{int} = 229$ mm). Viteza aerului comprimat în conductă și scăderea de presiune pe 100 m conductă pentru cele două diametre va fi:

*Tabelul 3*

| Felul conductei | $Q_t$, m³/min | $L$, m | $D_0$, mm | $\Delta p$, at | Costuri, mii lei $C_i$ | $C_E$ | $C_t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Conducta magistrală | 450 | 1 000 | 564 | 0,042 | 1 518 | 258 | 1 576 |
| | | | 420 | 0,185 | 982 | 1 136 | 2 118 |
| Conducta distribuție 1 | 150 | 1 000 | 327 | 0,073 | 905 | 150 | 1 055 |
| | | | 240 | 0,321 | 561 | 661 | 1 222 |
| Conducta distribuție 2 | 15 | 50 | 103 | 0,012 | 68 | 2 | 70 |
| | | | 75 | 0,054 | 50 | 11 | 61 |
| | | 2 050 | | 0,127 | 2 291 | 410 | 2 701 |
| | | | | 0,560 | 1 593 | 1 808 | 3 401 |

*Tabelul 4*

| Diametrul interior al conductelor, mm | Energia specifică înglobată, kWh/m diametru | | Influența asupra diametrului calculat în prima fază, % |
|---|---|---|---|
| 50–76 | (87 kg/m) | 1 300 | +9 |
| 100–125 | (102) | 1 530 | +7 |
| 147–166 | (154) | 2 310 | ±0 |
| 203–359 | (208) | 3 120 | −5 |

$$v_0 = Q : S = 0{,}19 \text{ m}^3/\text{s} : 0{,}037 \text{ m}^2 = 5{,}1 \text{ m/s}$$

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2 \gamma}{2g} = 0{,}02 \frac{l}{D} \frac{v^2 \cdot 9{,}3}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}95 \frac{v^2}{D} =$$

$$= 114 \text{ mmCA/100 m} = 0{,}0114 \text{ at/100 m}$$

respectiv:

$$v_i = 0{,}19 \text{ m}^3/\text{s} : 0{,}041 \text{ m}^2 = 4{,}6 \text{ m/s}$$

$$\Delta p = 0{,}95 \frac{4{,}6^2}{0{,}229} = 88 \text{ mmCA/100 m} =$$

$$= 0{,}0088 \text{ at/100 m}$$

Din diagramă (fig. 3) rezultă $D_0 = 0{,}22$ m, valoare foarte apropiată de cea calculată analitic, respectiv $v_0 = 5$ m/s (fig. 4) față de 5,1 m/s.

Pentru ilustrarea diferenței între metodologia de dimensionare actuală a conductelor de aer comprimat și metodologia de optimizare prezentată, se consideră cazul unei mine reprezentative pentru minereuri neferoase (producția 500 mii t/an; distanța compresor — consumator cca 2 km), avînd stație de compresoare cu capacitatea în funcțiune de 450 m³/min. și durata efectivă de funcționare a conductelor — la nivelul debitelor $Q_i$ — de 10 ani. Traseul de conducte pînă la consumatori s-a calculat la nivelul diametrelor optime pe baza costurilor și la nivelul diametrelor alese în limita de pierdere de presiune de 8% (0,56 at). Rezultă, în favoarea primei variante, o economie totală de 700 mii lei și o diferență apreciabilă la energie consumată (tab. 3):

$$1\,398 \text{ mii lei} : 0{,}40 \text{ lei/kWh} =$$
$$= 3\,495 \text{ MWh/10 ani} = 350 \text{ MWh/an}$$

În ansamblul rețelei pneumatice a minei, cu multitudinea de ramificații spre toți consumatorii, economia de energie realizabilă va fi mult superioară celei calculate pe un singur traseu.

### III. Dimensionarea conductelor de aer comprimat în funcție de energia necesară producerii și exploatării lor

Diametrul optim rezultă din energia înglobată necesară producerii și montării conductei, precum și din energia necesară vehiculării debitului de aer comprimat $Q$ în perioada $t$:

$$E_t = r\,a\,E_i + E_c =$$
$$= rae_1 lD + \frac{814 \cdot 10^{-6} \lambda l Q^3 D^{-5} \gamma t}{\eta}, \text{ kWh} \qquad (8)$$

în care:

- $r$ este coeficientul supraunitar reprezentînd majorarea energiei înglobate în cursul producerii conductei cu cota de remontare și reparare ulterioară a conductei în perioada $t$ (se consideră $r = 1{,}15$);
- $a$ — randamentul de transformare a energiei conținute în combustibil pînă la consumator (în medie $a = 35\%$);
- $e_1$ — energia specifică înglobată în cursul producerii conductei, raportată la unitate de diametru. Analog cu factorul $c$ din relația (1) în prima fază a calculului se va utiliza valoarea medie de 154 kg/m diametru · 15 kWh/kg = 2 310 kWh/m diametru.

Restul factorilor au semnificația celor din relația (1).

Analog cu cele specificate pentru relația (1), minimizarea funcției (8) se rezolvă direct (tab. 5, rîndul 4—7, fig. 4 și 5) sau indirect prin anularea derivatei acestei funcții față de $D$:

$$\frac{dE_t}{dD} = r\,a\,e_1 l - \frac{5 \cdot 814\,\lambda l Q^3 D^{-6} \gamma t}{\eta} = 0 \qquad (9)$$

$$D_0' = \sqrt[6]{\frac{4\,070 \cdot 10^{-6} \lambda Q^3 \gamma t}{r\,a\,e_1 \eta}} = \sqrt[6]{B\,t\,Q^3}, \text{ m} \qquad (10)$$

În tabelul 5 diametrul optim se determină prin metoda directă, în formă tabelară.

*Tabelul 5*

| Diametrul interior al conductei, mm | Energia înglobată și consumată, MWh/100 m | | |
|---|---|---|---|
| | $E_i = 100\,r\,a\,e_1 D$ | $E_c = \frac{\Delta p Q}{102} t$ | $E_t = E_i + E_c$ |
| 166 | 15,3 | 98,5 | 113,8 |
| 203 | 25,3 | 37,7 | 63,0 |
| 217 | 27,1 | 26,5 | 53,6 |
| 229 | 28,6 | 19,8 | 48,4 |
| 257 | 32,1 | 11,4 | 43,5 |
| 283 | 35,3 | 7,2 | 42,5 |
| 308 | 37,7 | 4,7 | 42,4 |
| 359 | 44,8 | 2,2 | 47,0 |
| 400 | 49,9 | 1,3 | 51,2 |

Valoarea $B$ la nivelul parametrilor medii:

$$B = \frac{4\,070 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}0020 \cdot 9{,}3}{1{,}15 \cdot 0{,}35 \cdot 2\,310 \cdot 0{,}70} = 1{,}16 \cdot 10^{-6}$$

$$D_0' = \sqrt[6]{1{,}16 \cdot 10^{-6}\,tQ^3}, \text{ m} \qquad (11)$$

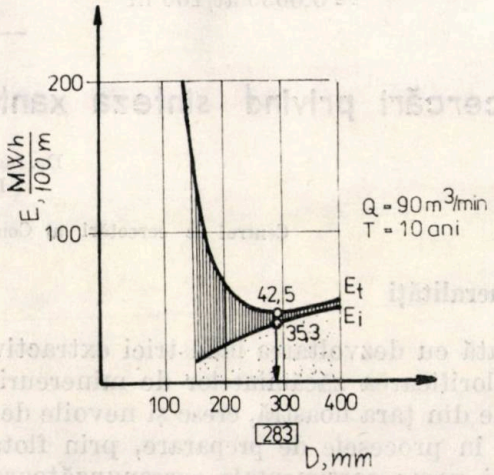



Fig. 5

Rezultă că diametrul optim pe baza energiei este cu 31% superior celui calculat pe baza

costurilor $[(1{,}16 : 0{,}23)^{\frac{1}{6}}]$, iar viteza optimă a aerului comprimat în conducte, calculată pe baza costurilor, este cu 72% superioară vitezei determinate pe baza energiei:

$$v_0 = \frac{1{,}28}{\sqrt[3]{At}} = \frac{1{,}28}{\sqrt[3]{0{,}23 \cdot 10^{-6} t}} = \frac{209}{\sqrt[3]{t}}, \text{ m/s} \quad (12)$$

$$v_0' = \frac{2{,}08}{\sqrt[3]{Bt}} = \frac{2{,}08}{\sqrt[3]{1{,}16 \cdot 10^{-6} t}} = \frac{121}{\sqrt[3]{t}}, \text{ m/s} \quad (13)$$

$$\frac{v_0}{v_0'} = \frac{209}{121} = 1{,}72$$

sau altfel:

$$\frac{v_0}{v_0'} = \frac{S_0'}{S_0} = \left(\frac{D_0'}{D_0}\right)^2 = 1{,}31^2 = 1{,}72$$

Aplicînd relaţia (10) pentru exemplul considerat la punctul 2, rezultă:

$$D_0' = \sqrt[6]{1{,}16 \cdot 10^{-6} \cdot 87\,600 \cdot 0{,}19^3} = 0{,}298 \text{ m}$$

Acordînd corecţia din tabelul 2 ($0{,}95 \cdot 0{,}298\text{m} = 0{,}283$ m), se alege din catalog conducta cu $Dint = 308$ mm, rezultînd pentru cele două diametre următoarele viteze efective a aerului comprimat, respectiv pierderi de presiune pe 100 m conducta:

$$v_0' = 0{,}19 \text{ m}^3/\text{s} : 0{,}063 \text{ m}^2 = 3{,}0 \text{ m/s}$$

$$\Delta p = 0{,}95 \frac{3{,}0^2}{0{,}298} = 30 \text{ mmCA/100 m} = 0{,}0030 \text{ at/100 m}$$

respectiv:

$$v_i' = 0{,}19 \text{ m}^3/\text{s} : 0{,}074 \text{ m}^2 = 2{,}5 \text{ m/s}$$

$$\Delta p_i = 0{,}95 \frac{2{,}5^2}{0{,}308} = 19 \text{ mm CA/100 m} = 0{,}0019 \text{ at/100 m}$$

## Concluzii

Economisirea energiei pneumatice — reprezentînd circa 50% din totalul energiei necesare extracţiei miniere în subteran — prin optimizarea parametrilor principali ai conductelor de aer comprimat pe baza costurilor şi pe baza energiei necesare producerii, montării-reparării şi exploatării lor are o importanţă deosebită în conjunctura actuală şi în viitor.

Eficienţa optimizării parametrilor conductelor de aer comprimat faţă de metodologiile de calcul utilizate în prezent este evidentă (tab. 3).

În urma unei analize comparative în conjunctura actuală, se recomandă dimensionarea conductelor de aer comprimat pe baza costurilor şi numai în situaţii deosebite pe baza energiei consumate.

### Bibliografie


[1] Popa, A. *Exploatări miniere.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1968.

[2] Brădeanu, N. *Instalaţii pneumatice miniere.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1976.

[3] Czibula, R. *Consideraţii asupra alegerii diametrului optim al unei conducte de aer comprimat pentru un debit dat.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 1, 1980.

[4] Maercks, J. Bergbaumechanik. Berlin, 1950.

[5] Koch, R. *Optimizarea parametrilor principali de aeraj a lucrărilor miniere şi a conductelor de aeraj — factor important de reducere a consumului de energie în mine.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 2, 1982.


# Încercări privind sinteza xantatului amilic din alcool amilic recuperat


Dr. ing. **P. Ilie**, ing. **Gv. Duda**
I.C.P.M.N. Baia Mare
şi chim. **A. Vizitiu**
Centrul de cercetări al Combinatului de fire şi fibre chimice Săvineşti


## Generalităţi

Odată cu dezvoltarea industriei extractive şi cu valorificarea zăcămintelor de minereuri neferoase din ţara noastră, cresc şi nevoile de utilizare în procesele de preparare, prin flotaţie, a unei game sortimentale corespunzătoare de reactivi colectori.

În ţara noastră, în sectorul de prelucrare a minereurilor neferoase, se utilizează colectorii de flotaţie xantat amilic, xantat izobutilic şi xantat etilic.

Se ştie că cele două însuşiri esenţiale ale xantaţilor — puterea colectoare şi selectivitatea — se modifică de la xantaţii inferiori la cei superiori, adică puterea colectoare creşte odată cu lungimea lanţului hidrocarbonatic din structura xantatului, în timp ce selectivitatea scade.

Din aceste motive, pentru majoritatea proceselor de flotaţie, se utilizează amestecul de xantaţi.

În momentul de faţă în ţara noastră necesarul de xantat etilic şi izobutilic se acoperă, parţial, din producţia indigenă, iar xantatul amilic se importă în totalitate.

Odată cu intrarea în exploatare a marilor obiective de prelucrare a minereurilor cuprifere sărace, necesarul de colectori va creşte pînă în 1985 cu peste 100 % faţă de anul 1982.

Dacă pentru xantatul etilic şi izobutilic avem în ţară bază de materii prime, iar prin crearea unor capacităţi de producţie putem realiza întreaga cantitate necesară, xantatul amilic rămîne o problemă nerezolvată, deoarece lipseşte alcoolul amilic.

Ca urmare, se impun noi căutări pe linia utilizării unor materii prime secundare, care să poată reduce parţial nevoile de xantat amilic.

În acest sens, prin colaborare cu Centrul de cercetări pentru fibre chimice Săvineşti s-a identificat posibilitatea valorificării unor cantităţi de alcool amilic recuperat, din care s-au pus la dispoziţie probe pentru cercetare de laborator.

## Partea experimentală

Din analiza structurală chimică a primelor două probe de alcool amilic, a rezultat doar un conţinut de 42 % în alcool *n* amilic şi 7,4 % apă. Din aceste probe nu s-a obţinut nimic în sinteza chimică.

Utilizînd o coloană de rectificare cu clopoţei, ce avea circa 50 TT(talere teoretice), s-a putut separa o fracţie care avea un conţinut în alcool amilic de 80 % şi un conţinut în apă de 0,4 %. Restul componenţilor au fost: ciclopentanol, ciclopentanonă, ciclohexanol etc. Din această probă a reuşit sinteza, în laborator, a xantatului amilic, din alcool recuperat.

## Modul de lucru

În reactorul de sticlă *1* se introduc *n* moli alcool amilic recuperat, iar sub agitare *4*;*7* se introduc *m* moli KOH, în prealabil mojarat.

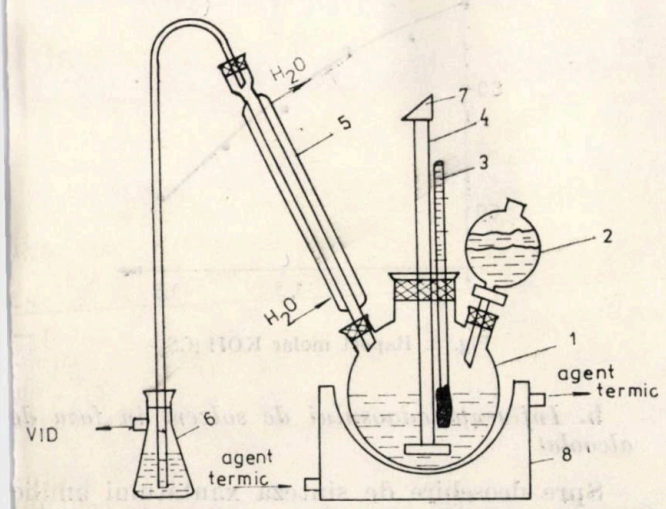



Fig. 1. Instalaţie de laborator pentru sinteza xantatului amilic

Mediul de reacţie se încălzeşte pînă la temperatura *t*, cînd se formează reacţia chimică:

$$R-OH + MeOH-RO \longrightarrow Me + H_2O \quad (1)$$

După $\tau$ ore, cînd hidroxidul de potasiu s-a transformat în alcoolat, mediul de reacţie se răceşte la temperatura de 30—35°C, folosind apă rece de la robinet.

Peste alcoolat şi sub continuă agitare, se adaogă *V* ml benzină de extracţie.

Din pîlnia de picurare *2* se dozează sulfura de carbon, în aşa fel ca temperatura mediului să se menţină în limitele 38—40°C, timp în care are loc reacţia:

$$RO-Me + CS_2 \longrightarrow RO-C\begin{matrix}S\\ SMe\end{matrix} \quad (2)$$

După dozarea întregii cantităţi de $CS_2$, reacţia continuă încă 20—30 min., sub agitare.

Masa de reacţie se trece pe un filtru cu vid, sarea rezultată se esorează şi se usucă în etuvă la 38—40°C.

Apele mume formate din benzină şi urme de reactanţi se recuperează în proporţie de 65—70 %, care servesc apoi la o nouă sinteză.

Dat fiind faptul că alcoolul amilic recuperat mai conţinea şi alţi componenţi însoţitori, cu o reactivitate diferită faţă de a componentului principal, în proces pot apare o mulţime de reacţii.

Din acest motiv şi pentru a creşte gradul de conversie a componentei principale în xantat amilic, au fost variaţi pe rînd toţi parametrii de bază ai procesului; datele semnificative se prezintă în tabelele ce urmează.

## Analiza procesului de sinteză

Din datele prezentate în tabelele 1—3 şi din alura curbelor rezultă următoarele.

**a.** *Influenţa raportului molar*

- Menţinînd raportul molar constant de 1:1 între hidroxidul alcalin şi sulfura de carbon, în timp ce s-a dozat în exces alcoolul amilic de la 0,1 la 0,5 moli, randamentul de sinteză a scăzut de la 65 la 59 %.
- Menţinînd constant raportul molar de 1:1 între alcoolul amilic şi sulfura de carbon, în timp ce s-a dozat în exces hidroxidul alcalin de la 0,1 la 0,5 moli, randamentul de sinteză a scăzut de la 67 la 51 %.
- Menţinînd constant raportul molar de 1:1 dintre hidroxidul alcalin şi alcoolul amilic şi dozînd sulfura de carbon progresiv de la 0,9 la 1,4 moli, randamentul scade de la 69 la 50 %.

De fiecare dată, scăderea randamentului era semnalată după dozarea sulfurii de carbon şi

*Tabelul 1*

**Influența raportului molar a reactanților asupra randamentului de sinteză**

| Nr. crt. | Moli de reactanți intrați | | | Temp. de lucru | Randamentul de sinteză | Observații |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | KOH | $C_5H_{11}OH$ | $CS_2$ | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | Constantă | 65 | Filtrare ușoară |
| 2 | 1 | 1,1 | 1 | constantă | 65 | filtrare ușoară |
| 3 | 1 | 1,2 | 1 | constantă | 64 | filtrare relativ grea |
| 4 | 1 | 1,3 | 1 | constantă | 63 | filtrare relativ grea |
| 5 | 1 | 1,4 | 1 | constantă | 62 | filtrare grea |
| 6 | 1 | 1,5 | 1 | constantă | 59 | filtrare foarte grea |
| 7 | 1 | 1 | 1 | constantă | 67 | filtrare relativ ușoară |
| 8 | 1 | 1 | 1 | constantă | 67,2 | filtrare relativ ușoară |
| 9 | 1,1 | 1 | 1 | constantă | 64 | filtrare relativ ușoară |
| 10 | 1,2 | 1 | 1 | constantă | 63 | filtrare grea |
| 11 | 1,3 | 1 | 1 | constantă | 58 | filtrare grea |
| 12 | 1,4 | 1 | 1 | constantă | 55 | filtrare grea |
| 13 | 1,5 | 1 | 1 | constantă | 51 | filtrare grea |
| 14 | 1 | 1 | 0,90 | — | 69 | filtrare relativ ușoară |
| 15 | 1 | 1 | 0,95 | — | 68 | filtrare relativ ușoară |
| 16 | 1 | 1 | 1,0 | — | 65 | filtrare relativ ușoară |
| 17 | 1 | 1 | 1,1 | — | 63 | filtrare ușoară |
| 18 | 1 | 1 | 1,2 | — | 60 | filtrare ușoară |
| 19 | 1 | 1 | 1,3 | — | 54 | filtrare grea |
| 20 | 1 | 1 | 1,4 | — | 50 | filtrare grea |

*Tabelul 2*

**Influența adaosului de solvent inert în faza de alcoolat**

| Nr. crt. | Moli reactanți intrați | | | Solvent adăugat $V_S : V_{ROH}$ | Temp. de lucru | Randament, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | KOH | $C_5H_{11}OH$ | $CS_2$ | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0,9 | — | Constantă | 67 |
| 2 | 1 | 1 | 0,9 | — | — | 67 |
| 3 | 1 | 1 | 0,9 | 0,25 :1 | — | 65 |
| 4 | 1 | 1 | 0,9 | 0,50 :1 | — | 60 |
| 5 | 1 | 1 | 0,9 | 0,75 :1 | — | 51 |
| 6 | 1 | 1 | 0,9 | 1,0 :1 | — | 45 |
| 7 | 1 | 1 | 0,9 | 1,25 :1 | — | 45 |
| 8 | 1 | 1 | 0,9 | 1,50 :1 | — | 40 |
| 9 | 1 | 1 | 0,9 | 1,75 :1 | — | 40 |

înainte de filtrare, prin aceea că în produsul de reacție apar straturi alternante de xantat și o stare uleioasă, care înrăutățește filtrarea.

Printr-o operație simplă de centrifugare, s-a separat partea uleioasă din produs, și s-au pus în evidență o sumă de produși secundari, rezultați, atît din compușii inițiali însoțitori ai alcoolului amilic, cît mai ales produși ai unor reacții secundare, rezultați ca urmare a dozării neoptimizate a reactanților.

*Tabelul 3*

**Influența temperaturii în faza de alcoolat asupra randamentului de sinteză**

| Nr. crt. | Moli reactanți intrați | | | Temperatura de lucru, °C | Randament, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | KOH | $C_5H_{11}OH$ | $CS_2$ | | |
| 1 | 1 | 1 | 0,90 | 40 | 41 |
| 2 | 1 | 1 | 0,90 | 45 | 43 |
| 3 | 1 | 1 | 0,90 | 50 | 43 |
| 4 | 1 | 1 | 0,90 | 55 | 48 |
| 5 | 1 | 1 | 0,90 | 60 | 52 |
| 6 | 1 | 1 | 0,90 | 65 | 60 |
| 7 | 1 | 1 | 0,90 | 67 | 68 |
| 8 | 1 | 1 | 0,90 | 69 | 67 |
| 9 | 1 | 1 | 0,90 | 69,8 | 56 |
| 10 | 1 | 1 | 0,90 | 70 | 56 |
| 11 | 1 | 1 | 0,90 | 75 | 49 |

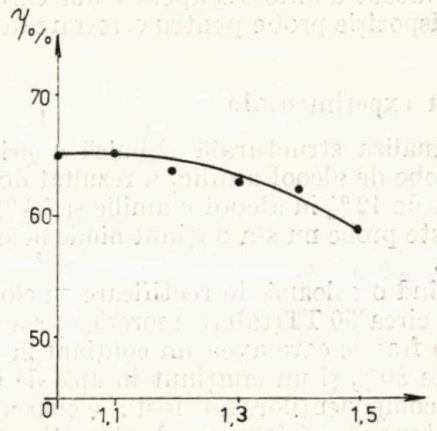



Fig. 2. Raport molar ROH :$CS_2$

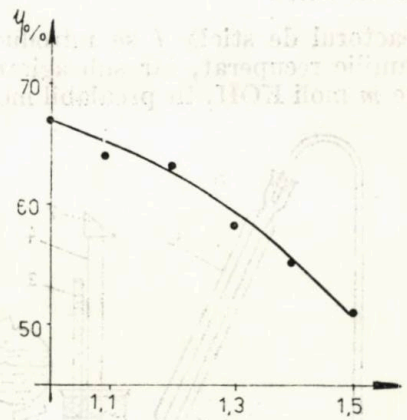



Fig. 3. Raport molar KOH :$CS_2$

**b.** *Influența adaosului de solvent în faza de alcoolat*

Spre deosebire de sinteza xantatului amilic din alcool amilic obișnuit, unde faza de alcoolat

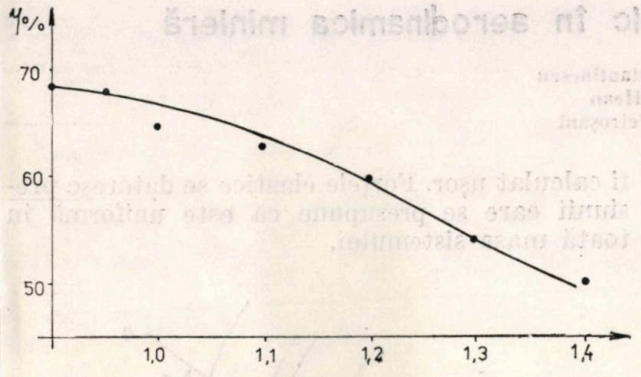



Fig. 4. Raport molar $CS_2$ :ROH (KOH)

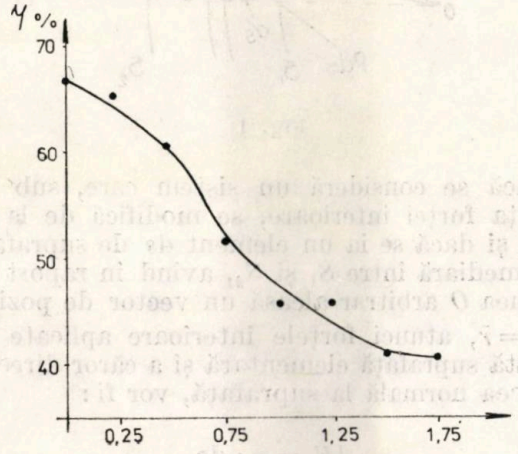



Fig. 5. Solvent adăugat $V_S : V_{ROH}$

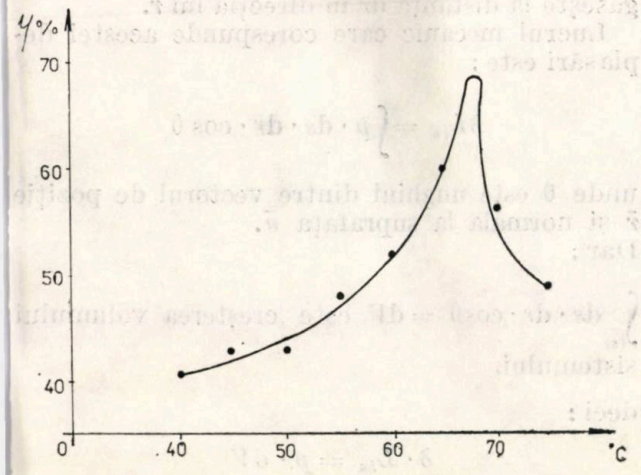



Fig. 6. Temperatura în faza de alcoolat

se poate realiza numai prin adaos de solvent inert, în cazul alcoolului amilic recuperat și la compoziția chimică dată, faza de alcoolat se realizează în condiții optime, fără adaos de solvent inert.

Din tabelul 2 și din alura curbei din figura 4, rezultă că randamentul scade odată cu adaosul de solvent.

Se pare că compușii însoțitori ai alcoolului amilic recuperat în mediu de benzină se activează și reacționează mai puternic spre formarea unor reacții secundare.

Situația a fost verificată prin prepararea unei soluții sintetice, cu compoziția alcoolului amilic recuperat, cînd s-a repetat la fel reproductivitatea sintezelor inițiale.

c. *Influența temperaturii asupra sintezei alcoolatului*

În cazul dozării reactanților (KOH ; $C_5H_{11}OH$ ; $CS_2$) la raportul molar 1 :1 : 0,9, randamentul maxim în produs finit se obține cînd se lucrează la temperaturi cuprinse între 66 și 68°C.

Sub și peste această temperatură, randamentul în produs finit scade, deoarece în primul caz nu se formează alcoolatul, iar în al doilea caz se favorizează o sumedenie de reacții secundare, date de componenții colaterali din alcool.

## Concluzii

1. Din cercetările experimentale executate în laborator reiese că din alcoolul amilic recuperat la Săvinești se poate sintetiza xantat amilic la un randament de circa 67 —68 %.

2. Xantatul amilic sintetizat în laborator a fost analizat și i s-a determinat o puritate de 94 —96 %.

3. Spre deosebire de alte tehnologii cunoscute de obținere a xantaților (dozarea în exces a alcoolului, în mori coloidale etc.), considerăm procedeul experimentat a fi mai adecvat, deoarece produșii însoțitori ai alcoolului, care pot sau nu fi transformați în produși secundari, se izolează de produsul finit și se diminuează mirosul respingător care ar rezulta din impurificarea cu aceștia.

4. În laboratorul de preparare al I.C.P.M.N. Baia Mare s-au făcut testări pe minereuri provenite de la unități care utilizează xantat amilic din import și s-a constatat că xantatul indigen are o acțiune colectoare comparabilă cu a xantatului amilic din import. În schimb, selectivitatea este mai redusă, dar acest lucru se poate diminua prin folosirea acestuia în amestec cu xantat inferior, care dă calitate.

5. Dacă alcoolul amilic recuperat la Săvinești, s-ar dirija spre fabricarea xantatului amilic, s-ar putea reduce parțial importul.

# Prezentări ale lucrului mecanic în aerodinamica minieră

Prof. dr. doc. **I. Constantinescu**
şef lucr. **I. Petrilean**
Institutul de Mine Petroşani

## Generalităţi

Lucrul mecanic se defineşte, în mecanică, ca produs dintre forţa şi deplasarea punctului ei de aplicaţie în direcţia forţei, iar sub formă de produs scalar:

$$\delta L = -\bar{F} \cdot \mathrm{d}\bar{r}$$

unde:

$\bar{F}$ este vectorul forţă;

$\bar{r}$ — vectorul de deplasare (a nu se confunda, ca notaţie, cu lucrul mecanic elementar virtual).

Pentru o deplasare între două stări, 1 şi 2, lucrul mecanic va fi:

$$L = -\int_1^2 \bar{F} \cdot \mathrm{d}\bar{r}$$

Această relaţie implică cunoaşterea dependenţei între forţă şi deplasare; dacă forţa acţionează din afară asupra sistemului şi punctul ei de aplicaţie se deplasează în direcţia forţei, atunci în termodinamica tehnică el se consideră negativ (consumat de sistem).

Pentru sistemele termodinamice cu piston, fără frecare şi în condiţii echilibrate, lucrul mecanic elementar este:

$$\delta L = -p \cdot \mathrm{d}V$$

Aplicarea acestei relaţii la transformările neechilibrate duce la concluzii eronate şi de aceea sistemul termodinamic trebuie considerat tot timpul sub influenţa unor forţe interioare şi exterioare, forţe care prin acţiunea lor produc un lucru mecanic.

Forţele interioare sînt cele aplicate în fiecare punct din sistem, ele fiind egale şi direct opuse, două cîte două, datorită principiului acţiunii şi reacţiunii. Lucrul mecanic al forţelor interioare îl vom denumi lucru mecanic interior şi-l vom nota cu $L_i$.

Forţele interioare se compun din forţe elastice de presiune şi din cele de vîscozitate (de frecare interioară) astfel că:

$$L_i = L_{in} - L_{fi}$$

în care:

$L_{in}$ este lucrul mecanic al forţelor elastice;

$L_{fi}$ — lucrul mecanic al forţelor de vîscozitate (totdeauna negative, deoarece se opun mişcării).

Pentru fluidele elastice pe care le studiază termotehnica, lucrul mecanic interior $L_{in}$ poate fi calculat uşor. Forţele elastice se datoresc presiunii care se presupune că este uniformă în toată masa sistemului.

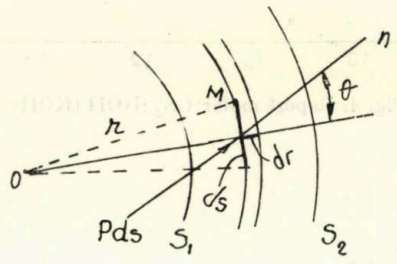



Fig. 1

Dacă se consideră un sistem care, sub influenţa forţei interioare, se modifică de la $S_1$ la $S_2$ şi dacă se ia un element $\mathrm{d}s$ de suprafaţă intermediară între $S_1$ şi $S_2$, avînd în raport cu originea $O$ arbitrar aleasă un vector de poziţie $\overline{OM} = \bar{r}$, atunci forţele interioare aplicate pe această suprafaţă elementară şi a căror direcţie este cea normală la suprafaţă, vor fi:

$$\mathrm{d}F = p \cdot \mathrm{d}s$$

După o deplasare a lui $S$, elementul $\mathrm{d}s$ se găseşte la distanţa $\mathrm{d}r$ în direcţia lui $r$.

Lucrul mecanic care corespunde acestei deplasări este:

$$\delta L_{in} = \int p \cdot \mathrm{d}s \cdot \mathrm{d}r \cdot \cos\theta$$

unde $\theta$ este unghiul dintre vectorul de poziţie $\bar{r}$ şi normala la suprafaţa $\bar{n}$.

Dar:

$\int_{(s)} \mathrm{d}s \cdot \mathrm{d}r \cdot \cos\theta = \mathrm{d}V$ este creşterea volumului sistemului,

deci:

$$\delta \cdot L_{in} = p \cdot \mathrm{d}V$$

iar lucrul mecanic interior al fluidelor elastice va fi:

$$L_i = \int_1^2 p \cdot \mathrm{d}V - L_{fi}$$

Aşadar, lucrul mecanic este o formă de energie; el reprezintă energia mecanică în trecere prin suprafeţele de delimitare ale sistemului şi are o existenţă efemeră, deoarece aceasta este

limitată la timpul cînd se produce sau se consumă lucrul mecanic. Totuşi, după trecerea acestui timp, el nu dispare ci se transformă în energie conţinută de sistemul căruia i s-a adăugat. Un sistem nu poate înmagazina lucrul mecanic, ci numai energie, de aceea se poate spune că lucrul mecanic reprezintă una din formele de transmitere a energiei între sisteme. El poate fi întîlnit numai la limitele sistemului, motiv pentru care nu este o mărime de stare a sistemului şi de aceea se notează cu $\delta$ şi nu cu $d$ (în termodinamică), care simbolizează o mărime de stare a sistemului.

În ce priveşte forţele exterioare, acestea pot fi forţe de contact, precum şi forţe care acţionează de la distanţă.

Vom nota cu $\underline{F_e}$ forţa exercitată de mediul exterior asupra sistemului şi prin $\overline{F}_e$ acţiunea sistemului asupra mediului exterior.

Între cele două forţe există, conform principiului acţiunii şi reacţiunii, următoarea relaţie vectorială:

$$\underline{F_e} + \overline{F}_e = 0$$

La fel pentru lucrurile mecanice corespunzătoare acestor forţe se scrie:

$$\underline{L_e} + \overline{L}_e = 0$$

Această relaţie este valabilă numai dacă frecările sînt neglijate.

Dacă se iau în considerare frecările dintre sistem şi mediul exterior, prin lucrul mecanic de frecare ($-L_{fe}$), atunci se poate scrie:

$$\underline{L_e} + \overline{L}_e = -L_{fe}$$

Semnul negativ se explică prin faptul că forţele de frecare se opun deplasării punctelor de aplicaţie ale forţelor şi au întotdeauna o direcţie tangenţială pe suprafeţele de contact.

Forţele de la distanţă nu pot fi considerate ca reciproce, ele avînd numai o acţiune a mediului asupra sistemului. Forţele şi lucrul mecanic corespunzător acestor forţe se vor nota cu $F'_e$ şi $L'_e$.

Pentru cazurile practice cele mai frecvent întîlnite, singura forţă de distanţă este cea de gravitaţie. Energia potenţială a unui corp este $E_p = mgh$, unde $h$ este înălţimea centrului de greutate al corpului sau sistemului deasupra unui plan ales arbitrar.

Lucrul mecanic al forţelor de gravitaţie este:

$$L'_e = -mg\Delta h$$

semnul negativ reprezentînd faptul că energia potenţială creşte pe măsură ce acţionăm împotriva forţei de distanţă.

**Cazul sistemului cu piston**

Pentru a materializa cele de mai sus în cazul obişnuitului sistem cu piston, se va considera schema de principiu din figura 2.

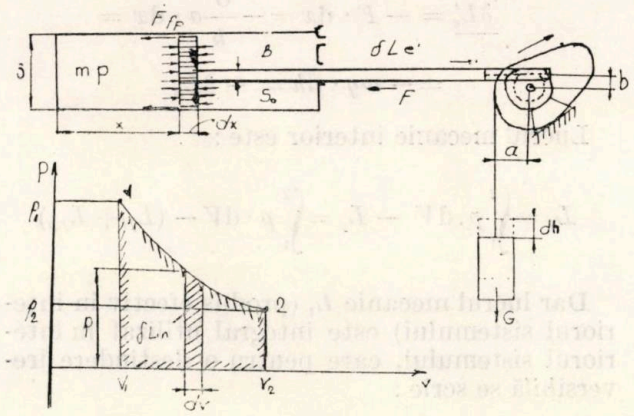



Fig. 2

Momentul $G.a$ este echilibrat de momentul $F.b$ al forţei care acţionează la periferia roţii dinţate şi care acţionează o cremalieră fixată de tija pistonului.

În absenţa frecării între cremalieră şi roata dinţată, forţa se poate scrie:

$$F = \frac{G}{b} \cdot a$$

şi care depinde de forma camei.

În cilindru se găseşte un agent de lucru sub presiunea $p$.

Din exterior acţionează asupra pistonului presiunea ambiantă $B$ şi forţa $F$, determinată mai sus.

Forţa totală de frecare se compune din forţa de frecare interioară $F_{fi}$ şi forţa de frecare produsă între piston şi pereţii cilindrului $F_{fp}$ deci:

$$F_f = F_{fi} + F_{fp}$$

Echilibrul forţelor în sistemul cu piston va fi:

$$p \cdot S = B(S - S_0) + F + F_f$$

sau:

$$p \cdot S - F_f = B(S - S_0) + F$$

După o deplasare elementară a pistonului cu $dx$, vom avea:

$$pS \cdot dx - F_f dx = B(S - S_0)\, dx + F dx$$

sau:

$$L_{in} - F_f = -(\overline{L}_e + \underline{L'_e})$$

În această relaţie avem:

$$\delta \overline{L}_e = \delta L_{cm} = B(S - S_0)dx = -BdV$$

$$(S - S_0 \approx S)$$

care este expresia lucrului mecanic pentru compresia ambianței.

De asemenea, lucrul mecanic util este egal, în cazul nostru, cu creșterea energiei potențiale necesare ridicării greutății $G$ cu distanța $\mathrm{d}h$:

$$\underline{\delta L'_e} = -F \cdot \mathrm{d}x = -\frac{G}{b} a \cdot \mathrm{d}x =$$

$$= -mg \cdot \mathrm{d}h = -\delta L_u$$

Lucrul mecanic interior este:

$$L_i = \int_1^2 p \cdot \mathrm{d}V - L_f = \int_1^2 p \cdot \mathrm{d}V - (L_{fi} + L_{fp})$$

Dar lucrul mecanic $L_i$ (produs efectiv în interiorul sistemului) este integral utilizat în interiorul sistemului, care pentru o destindere ireversibilă se scrie:

$$L_i = L_e = L_{cm} + L_u = L_{in} - L_f$$

sau:

$$L_{in} = L_{cm} + L_u + L_f$$

Reprezentarea lucrului mecanic $L_{in}$ în diagrama $PV$ se prezintă în figura 3.

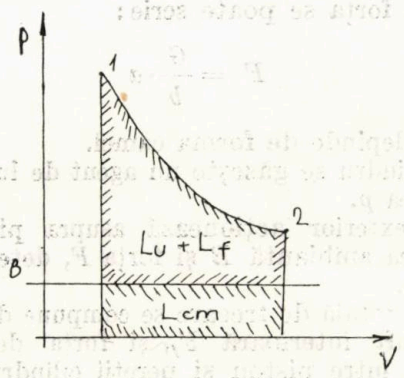



Fig. 3

## Cazul sistemului minier

La curgerea aerului prin lucrările miniere, energia lor specifică totală (raportată la unitatea de masă) rămîne constantă pînă cînd aerului de mină nu i se va furniza o energie externă (prin schimbul de căldură etc.).

Analizînd mișcarea aerului de mină între două secțiuni amplasate foarte aproape $\mathrm{d}s$, atunci energia specifică totală în secțiunea $S_1$ se compune din energia potențială $gh_1$, energia cinetică $w_1^2/2$, energia de deplasare $p_1/\rho_1$ și energia lui internă, $u_1$.

$$E_1 = gh_1 + \frac{w_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho_1} + u_1$$

iar energia specifică totală în secțiunea $S_2$ va fi:

$$E_2 = gh_1 - g \cdot \mathrm{d}h + \frac{1}{2} w_1^2 + w \cdot \mathrm{d}w +$$

$$+ \frac{p_1}{\rho_1} + \frac{\mathrm{d}p}{\rho} + pd\left(\frac{1}{\rho}\right) + u_1 + \mathrm{d}u$$

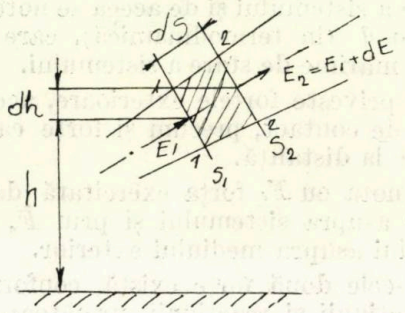



Fig. 4

Dacă nu există un schimb de căldură între aerul de mină și mediul exterior și dacă nu există nici o altă acțiune exterioară, atunci energia specifică totală, pe baza bilanțului energiilor în cele două secțiuni de intrare și ieșire, se poate scrie:

$$E_2 = E_1 + \mathrm{d}E$$

$$gh_1 + \frac{w_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho_1} + u_1 = gh_1 - g \cdot \mathrm{d}h +$$

$$+ \frac{w_1^2}{2} + w \cdot \mathrm{d}w + \frac{p_1}{\rho_1} + \frac{\mathrm{d}p}{\rho} + pd\left(\frac{1}{\rho}\right) +$$

$$+ u + \mathrm{d}u + \delta q_f$$

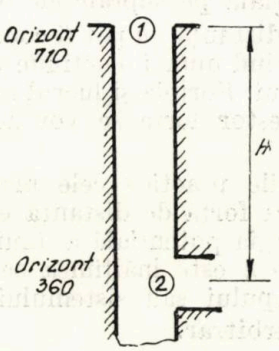



Fig. 5

sau:

$$g \cdot \mathrm{d}h + w \cdot \mathrm{d}w + \frac{\mathrm{d}p}{\rho} + pd\left(\frac{1}{\rho}\right) + \mathrm{d}u + \delta q_f = 0$$

Dar:

$$\frac{dp}{\rho} + pd\left(\frac{1}{\rho}\right) = d(pv) \quad d(u + pv) = di$$

și atunci:

$$\delta q_f = -di - \frac{1}{2} d(w^2) - g dh$$

Pentru o lucrare minieră simplă:

$$\delta q_f = \delta q_{fl} + \delta q_{fr} = \delta l_f$$

unde:

$\delta q_{fl}$ este căldura de frecare, în care se transformă complet frecarea într-o rezistență locală;

$\delta q_{fr}$ — căldura de frecare, în care se transformă complet frecarea pe pereții unei lucrări miniere simple.

Dacă în compunerea ramificației rețelei nu intră nici o rezistență locală, adică $\delta q_{fl} = 0$, avem:

$$\delta q_{fr} = -v dp - \frac{1}{2} d(w^2) - g \cdot dh = \delta l_f$$

Între lucrul mecanic specific și lucrul mecanic care revine la 1 m³ N de aer are loc relația:

$$\delta l_V = \rho_N \cdot \delta l_f$$

unde $\rho_N$ este densitatea aerului de mină la starea normală fizică.

Așadar, lucrul mecanic de frecare unitar raportat la 1 m³ N aer este:

$$\delta l_{fV} = -\rho_N \left( \frac{dp}{\rho} + \frac{1}{2} d(w^2) + g \cdot dh \right)$$

iar între două secțiuni 1 și 2 este:

$$l_{fV} = -\rho_N \left[ \frac{1}{\rho_m} (p_2 - p_1) + \frac{1}{2} (w_2^2 - w_1^2) + g(h_2 - h_1) \right]$$

$\rho_m$ este densitatea medie a aerului, care se calculează cu relația:

$$\rho_m = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\ln \frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

Relația lucrului mecanic poate fi aplicată numai într-o mină existentă cînd se cunosc $p_1$ și $p_2$.

În timpul curgerii, efectul unitar de frecare poate fi exprimat prin ecuația lui H. Darcy:

$$\delta l_f = \lambda_f \frac{w^2}{2} \cdot \frac{dx}{D_e}$$

unde:

$\lambda_f$ este cifra rezistenței rețelei de aeraj;

$D_e$ — diametrul echivalent al rețelei de aeraj;

$$D_e = 4 \frac{S}{B}$$

unde:

$S$ este aria secțiunii transversale a galeriei;

$B$ — perimetrul secțiunii lucrării miniere.

Ținînd cont de ecuația continuității fluxului masic al aerului de mină și expresia diametrului echivalent se obține:

$$\delta l_f = \frac{\lambda_f}{8} \frac{B}{S^3} \cdot \dot{V}^2 dx$$

în care $\dot{V}$ este debitul volumetric care trece prin secțiunea $S$.

Pe de altă parte, relația primului principiu al termodinamicii pentru adiabata cu frecare este:

$$\delta l_f = c_p \cdot dT - RT \frac{dp}{p}$$

sau:

$$\frac{c_p}{R} dT - T \frac{dp}{p} - \frac{\lambda_f}{8a} \cdot \frac{B}{S^3} \cdot \frac{\dot{V}^2}{R} dx = 0$$

Scriind:

$$a = \frac{c_p}{R}; \quad b = \frac{p_1}{\overline{m}}; \quad f(y) = \frac{1}{a(b + y)}$$

și $p = p_1 + \overline{m} y$, se obține (în creșterea medie de presiune pe unitatea de lungime a lui $y$)

$$dT - T \frac{dy}{a(b + y)} - \frac{\lambda_f}{8} \cdot \frac{B}{S^3} \cdot \frac{\dot{V}^2}{Q} dy = 0$$

sau:

$$\frac{dT}{dy} - Tf(y) - A = 0 \quad \text{(a)}$$

unde:

$$A = \frac{\lambda}{8a} \cdot \frac{B}{S^3} \cdot \frac{\dot{V}^2}{R} = \frac{\lambda_f}{8} \cdot \frac{B}{S^3} \cdot \frac{\dot{V}^2}{c_p}$$

Relaţia (a) este o ecuaţie liniară neomogenă, care are o soluţie de forma :

$$T = C \cdot e^{\int f(y)\,dy}$$

Ca urmare ecuaţia (a) ia forma :

$$\frac{dC}{dy} = Ae^{-\int f(y)dy}$$

Constanta $C$ se găseşte din această ecuaţie, printr-o cvadratură :

$$C = \int\left(A \cdot e^{-\int f(y)dy}\right) dy + C_1$$

Astfel, soluţia generală a ecuaţiei este :

$$T = C_1(b + y)^{\frac{1}{a}} + A\,\frac{a(b+y)}{a-1}$$

care, în baza condiţiilor iniţiale, cînd $y = 0$ şi $T = T_1$ se obţine

$$T_1 = C_1 b^{\frac{1}{a}} + A\,\frac{ab}{a-1} \quad \text{şi}$$

$$C_1 = \left(T_1 - A\frac{ab}{a-1}\right) \cdot b^{-\frac{1}{a}}$$

Pentru $T = T_2$ şi $y = H$ (denivelarea lucrării miniere). După înlocuirea valorii constantei $C_1$, se obţine, în final, expresia :

$$T_2 = \left(T_1 - kA\frac{p_1}{\overline{m}}\right)\left(1 + \frac{\overline{m} \cdot H}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} + kA\left(\frac{p_1}{\overline{m}} + H\right)$$

**Exemplu numeric**

Pentru a dovedi justeţea relaţiei care dă temperatura aerului de mină într-o stare finală căutată, în funcţie de parametrii stării iniţiale, s-a aplicat această relaţie într-un caz real, respectiv într-un puţ de mină în care s-au putut măsura parametrii aerului în cele două stări.

Parametrii aerului în cele două puncte 1 şi 2 sînt :

$p_1 = 707$ mmHg
$t_1 = 8°C$
$p_2 = 739{,}5$ mmHg
$t_2 = 10°C$
$H = 350$ m

Creşterea medie a presiunii pe unitatea de lungime a puţului se calculează cu relaţia :

$$\overline{m} = 0{,}0475\,\frac{\left(\frac{273}{T_1} + \frac{273}{T_2}\right)\frac{p_1}{760}}{1 - 0{,}0175\,\frac{H}{T_2}}$$

deci :

$$m = 0{,}0475\,\frac{\left(\frac{273}{281} + \frac{273}{283}\right)\frac{707}{760}}{1 - 0{,}0175\,\frac{350}{283}} = 0{,}0872$$

Coeficientul $A$ se determină în funcţie de elementele care-l determină, găsindu-se o valoare medie de 0,0025.

Se dă $k = 1{,}4$ pentru aer, într-un proces adiabatic.

Cu datele de mai sus, temperatura calculată în starea 2 va fi :

$$T_2 = \left(T_1 - KA\,\frac{p_1}{\overline{m}}\right)\left(1 + \frac{\overline{m} \cdot H}{p_1}\right)^{0{,}286} + KA\left(\frac{p_1}{\overline{m}} + H\right) =$$

$$= \left(281 - 1{,}4 \cdot 0{,}0025\,\frac{707}{0{,}0872}\right) \cdot \left(1 + \frac{0{,}0872 \cdot 350}{707}\right)^{0{,}286} +$$

$$+ 1{,}4 \cdot 0{,}0025\left(\frac{707}{0{,}0872} + 350\right) = 285{,}26K$$

Aşadar, eroarea de calcul este de 2,26°C şi aceasta este cauzată de faptul că calculul s-a făcut în ipoteza unui proces riguros adiabatic cu frecare.

În realitate procesul nu este riguros adiabatic, deoarece influenţe reciproce între aer şi pereţii lucrării miniere totuşi mai există într-un sens sau altul.

**Concluzii**

1. În lucrare s-au arătat unele forme sub care poate apărea lucrul mecanic şi un exemplu de utilizare a lucrului mecanic de frecare, într-un proces adiabatic pentru calculul temperaturii aerului de mină.

2. Cele cîteva forme arătate nu epuizează lista posibilităţilor, din contră caută să sugereze

ideea găsirii şi a altor forme care să le completeze pe cele existente şi să le caute aplicaţii reale în diversele procese ce au loc în industrie, în general, şi în industria minieră, în special.

Aceste expresii ale lucrului mecanic exprimă, într-o formă mai corectă, fenomenul care le determină şi pot fi aplicate în calculele de aeraj.


**Bibliografie**

[1] Constantinescu, I., Bolog, C. *Mecanica.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1979.

[2] Constantinescu, I., Darabont, Al., Mereţ, N. *Mecanica maşinilor şi instalaţiilor miniere şi de preparare.* Ed. tehnică, vol. I şi II, 1979 şi 1980.

[3] Leonăchescu, N. *Termotehnică.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1981.

[4] Houleerechts, A. *Thermodynamique tehnique.* Dunod, Paris, 1962.


# Consideraţii privind estimarea rezervelor de substanţe minerale utile folosind calculul aproximativ al integralelor duble


Asist. mat. **T. Vladislav**
asist. mat. **Fl. Creţ**
Institutul de Mine Petroşani


## Introducere

În practica inginerească, dar mai ales în industria minieră, se pune problema determinării volumelor. În literatura de specialitate există peste 20 de procedee de determinare a volumelor, procedee care, în unele cazuri, cer mult timp sau necesită un număr mare de construcţii grafice şi operaţii aritmetice. În afară de aceasta, într-o serie de cazuri se cere să se realizeze un număr însemnat de lucrări geologice costisitoare.

Metodele expuse în acest material elimină neajunsurile menţionate şi se pretează foarte bine la determinarea rezervelor de lignit şi a volumelor de excavaţii din bazinul Olteniei. Metodele matematice prezentate, întregite de programe pe calculator, pot fi adaptate la bazinul Olteniei, deoarece relieful de aici permite acest lucru, ceea ce nu se poate spune despre exploatările miniere din Valea Jiului.

Vom prezenta în continuare cîteva formule de calcul aproximativ al integralelor duble (de cubatură), pe diferite domenii particulare din plan.

Se ştie din literatura de specialitate că asemenea formule au forma:

$$\iint_D f(x, y)\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}y = \sum_n A_i f(M_i) \qquad (1)$$

Indicele $n$ arată că formula este exactă cînd $f(x, y)$ este un polinom de grad mai mic sau egal cu $n$.

Exactitatea formulelor de tipul (1) depinde, atît de valoarea lui $n$, cît şi de distribuţia şi numărul punctelor $M_i$ ce aparţin domeniului de integrare $D$.

Avantajul metodei constă în faptul că alegînd raţional punctele $M_i$ putem construi cubaturi, care dau cu exactitatea necesară calculu integralelor, fără a necesita un număr prea mare de puncte.

În modelul prezentat punctele $M_i$ reprezintă lucrări geologice de cîmp; alegîndu-le în mod convenabil, reducem considerabil cheltuielile legate de aceste lucrări.

Dacă domeniul de integrare $D$ este cercul cu centrul în origine şi de rază $R$, vom avea:

$$\iint_D f(x, y)\,\mathrm{d}x\mathrm{d}y = \frac{\pi R^2}{6}\left[\frac{1}{4} f(0,0) + \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{6} f\left(\sqrt{\frac{2}{3}}\cdot \mathrm{M}_i\right)\right], \qquad (2)$$

punctele $M_i$ fiind distribuite în vîrfurile hexagonului regulat, înscris în cercul de rază $r = \sqrt{\frac{2}{3}}\,R$, concentric cu cercul de rază $R$.

$$\iint_D f(x, y)\,\mathrm{d}y\mathrm{d}y = \frac{\sqrt{3}}{8}\left[7 . f(0,0) + \frac{5}{6}\sum_{i=1}^{6} f(M_i)\right], \qquad (3)$$

unde $D$ este hexagonul regulat înscris în cercul de rază $R = 1$, cu centrul în origine, punctele $M_i$ fiind distribuite în vîrfurile hexagonului.

Dacă $D$ este pătratul cu latura egală cu unitatea, cu centrul în origine, iar punctele $M_i$ distribuite în vîrfurile pătratului, avem:

$$\iint_D f(x, y)\,\mathrm{d}x\mathrm{d}y = \frac{2}{4} f(0,0) + \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{4} f(M_i). \qquad (4)$$

Domeniul $D$ reprezentînd pătratul cu centrul în origine și de latură egală cu unitatea, avem :

$$\iint_D f(x, y)\,dxdy = \frac{2}{9}\left[\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} f(M_i^{(1)}) + \right.$$

$$\left. + \frac{5}{2}\sum_{i=1}^{4} f\left(\frac{1}{\sqrt{5}} M_i^{(2)}\right) - 2f(0,0)\right], \qquad (5)$$

punctele $M_i^{(1)}$ fiind vîrfurile acestui pătrat, iar punctele $M_i^{(2)}$ sînt distribuite în vîrfurile pătratului cu latura de $\frac{1}{\sqrt{5}}$, rotit față de pătratul $D$ cu 45°.

Dacă domeniul de integrare este pătratul cu latura egală cu doi și cu centrul în originea axelor, avem :

$$\int_{-1}^{+1}\int_{-1}^{+1} f(x, y)\,dxdy = \frac{1}{81} f(0,0) + \frac{31}{81}\sum_{i=1}^{7} f(M_i) +$$

$$+ \frac{49}{81}\sum_{i=1}^{8} f(M_i), \qquad (6)$$

unde punctele $M_i$ au coordonatele :

$$M(0,9\,;0,58),\ M_2(-0,58\,;\ 0,9),$$

$$M_3(-0,9\,;\ -0,58),\ M_4(0,58\,;\ -0,9),$$

$$M_5(0,58\,;\ 0,00),\ M_6(0,00\,;\ 0,58),$$

$$M_7(-0,58\,;\ 0,00),\ M_8(0,00\,;\ -0,58).$$

Dacă folosim transformări afine, vom obține alte tipuri de formule de cubatură pe elipsă sau dreptunghi.

Astfel, pentru formula (2) domeniul de integrare poate fi transformat într-o elipsă și avem :

$$\iint_D f(x, y)\,dxdx = \pi ab\left[\frac{1}{4} f(0,0) + \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{6} f(M_i)\right], \qquad (7)$$

unde $a$ și $b$ sînt semiaxiale elipsei cu centrul în originea axelor. Pentru formula (6) domeniul de integrare poate fi transformat într-un dreptunghi cu centrul în origine și de laturi $2a$, $2b$ și vom avea :

$$\int_{-a}^{a}\int_{-b}^{b} f(x, y)\,dxdy = 4ab\left[\frac{1}{81} f(0,0) + \right.$$

$$\left. + \frac{31}{81}\sum_{i=1}^{4} f(M_i) + \frac{49}{81}\sum_{i=5}^{8} f(M_i)\right] \qquad (8)$$

Relațiile (2)—(8) vor fi exacte pentru polinoame de grade diferite (de la 3 la 7, inclusiv), exprimînd valoarea integralei duble prin sume de valori ale funcțiilor de integrat într-un număr determinat de puncte.

**Aplicarea cubaturilor la determinarea zăcămintelor de lignit**

Metodele existente pentru determinarea rezervelor de lignit conduc, în principiu, la :

- determinarea suprafețelor zăcămintelor de lignit ;
- determinarea grosimii medii.

Determinarea suprafeței zăcămintelor de lignit înseamnă, în principiu, determinarea frontierei conturului pe baza operațiilor geologice.

Grosimea medie se determină, în majoritatea cazurilor, ca media aritmetică a unui număr mare de măsurători folosindu-se un număr mare de puncte de sondare, a căror desime diferă pentru categorii diferite de exploatare a zăcămintelor.

La prelucrarea rezultatelor exploatării detaliate pot fi aplicate, în afară de formulele de cubatură prezentate, relații de forma :

$$\iint_D f(x, y)\,dxdy = \frac{\pi R^2}{10}\left[0{,}111 \cdot f(0,0) + \right.$$

$$+ 0{,}051 \cdot \sum_{i=1}^{10} f(0{,}596 \cdot M_i^{(1)}) +$$

$$\left. + 0{,}038 \cdot \sum_{i=1}^{10} f(0{,}932 \cdot M_i^{(2)})\right], \qquad (9)$$

unde domeniul $D$ de integrare este cercul de rază $R$ și cu centrul în originea axelor.

Punctele $M_i^{(1)}$ sînt distribuite în vîrfurile decagonului regulat înscris cercului de rază $r = 0{,}596R$, concentric cu cercul de rază $R$, iar $M_i^{(2)}$ sînt repartizate în vîrfurile decagonului regulat înscris cercului de rază $r_2 = 0{,}932\ R$, concentric cu cercul de rază $R$.

2. Formulele de cubatură (4), (5), (6) și (8) se pot aplica, de asemenea, la determinarea volumelor de săpături la un număr însemnat de obiective cu diferite reliefuri complicate a suprafeței. Volumul unor astfel de obiective este determinat prin metoda prismei triunghiulare, veche sau nouă.

Algoritmii de calcul pentru formulele prezentate s-au programat în limbajul FORTRAN, folosind biblioteca matematică a calculatorului I.M.B. —360.

**Bibliografie**


[1] Heifeț, B. I. Buletinul Academiei de Științe al U.R.S.S., nr. 3, anul 1954, p. 39—48.

[2] Aron, P. *Exploatări minere*. Ed. didactică și pedagogică, București, 1978.

[3] Demidovitch, B., Maren, I. *Eléments de calcul numerique*. Ed. Mir, Moscova, 1976.

[4] Stancu, D. D. *Analiză numerică*. Vol. 1, Litografia Universității Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, 1976.

[5] Siclovan, I., Matei, I. și Vladislav, T. *Asupra unui model matematic de evaluare a volumelor de substanțe minerale utilizînd calculatoarele electronice*. Revista Mine, Petrol și Gaze, nr. 5, 1979.

# Modificarea construcţiei găurilor de sondă în bazinul carbonifer Valea Jiului

Ing. S. Suciu

## I. Generalităţi

Ca urmare a producerii în ţară a sculelor cu diamante, încă din anul 1971, au început lucrări cu caracter experimental, în vederea studierii condiţiilor şi posibilităţilor de utilizare a forajului cu diamante la explorarea bazinului carbonifer Valea Jiului [1].

Desigur, problema forajului cu diamante la zăcămintele de cărbuni, privită ca un simplu domeniu sau moment al tehnologiei forajului de explorare, poate fi uşor, dar eronat, considerată ca rezolvată sau rezolvabilă, prin simpla transferare şi aplicare de mijloace a forajului cu diamante de la explorarea zăcămintelor de minereuri.

În fond, unele din avantajele principale ale forajului cu diamante: creşterea vitezelor de avansare; costuri mai scăzute ale forajului; reducerea simţitoare a consumului de materiale şi instrumente; creşterea procentului de recuperare a carotelor; scăderea cheltuielilor de transport; reducerea simţitoare a consumului de energie, de piese de schimb, creşterea duratei de utilizare a principalelor agregate pentru foraj etc.) au demonstrat că există premisele unei continue stimulări a dezvoltării şi extinderii acestuia. Nu de mai mică importanţă trebuie considerat şi un alt factor, care să justifice tendinţa de dezvoltare extensivă a forajului cu diamante — posibilitatea utilizării metodei de foraj cu carotiere introductibile, ca cea mai eficientă a forajului cu diamante.

Simpla înlocuire a unui material de dislocare cu un altul nu înseamnă, automat, obţinerea tuturor avantajelor menţionate mai sus. Complexitatea problemei rezidă, în primul rînd, din faptul că zăcămintele de cărbuni, ca zăcăminte de natură sedimentară, prezintă o varietate într-o alternanţă mai mult sau mai puţin succesiv repetată de durităţi ale rocilor, începînd cu categoria a III-a şi terminînd cu categoriile X—XI, predominînd cele semitari (cca. 70%).

Repartiţia procentuală, pentru circa 20 000 m executaţi în nouă cîmpuri miniere, este următoarea:

| Categorie duritate | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pondere procentuală | 0,21 | 39,83 | 30,0 | 0,01 | — | — | 27,7 | 2,1 | 0,15 |

Or, pînă nu demult, domeniul raţional de utilizare al sculelor cu diamante era considerat cel al rocilor cu duritatea mai mare de categoria a VII-a. În aceste condiţii, zăcămintele de cărbuni (deşi în S.U.A. încă în anul 1870 s-a forat o sondă cu adîncimea de 230 m pentru cărbuni [2], utilizîndu-se scule cu diamante, la Pottsville — Pensylvania) au rămas în afara sferei de cuprindere a forajului cu diamante şi, ca urmare, s-a parcurs un drum tehnologic aparte în tendinţele [3] de modernizare (creşterea volumelor executate în sapă, reducerea diametrelor de tăiere, îmbunătăţirea carotierelor duble, îmbunătăţirea sculelor armate cu aliaje dure etc.).

Totuşi dorinţa de-a găsi noi posibilităţi pentru lărgirea sferei de utilizare a forajului cu diamante, chiar la unele zăcăminte cu roci „netradiţionale", a însoţit procesul de dezvoltare a forajului cu diamante, uneori din considerente ce nu vizau eficienţa economică imediată, ci îmbunătăţirea calitativă şi cantitativă a carotelor extrase, cum este cazul zăcămintelor de cărbuni.

În bazinul carbonifer Valea Jiului lucrările de experimentare au început în anul 1971 şi, pînă în 1973 (cînd volumul forat cu diamante a reprezentat 5,3%) au fost elaborate şi verificate peste 10 tipuri de scule. Ca urmare, în anul 1974 a avut loc generalizarea forajului cu diamante pe întregul profil (inclusiv strate de cărbune), ponderea acestuia reprezentînd 50,6% din metrajul executat în bazin. În anii următori volumul forajului cu diamante la sondele adînci din Valea Jiului a atins şi s-a stabilizat în jurul la 80% din total.

Cu toate că s-a vizat, în primul rînd, obţinerea unor carote din stratele de cărbune care să reprezinte exact proprietăţile fizico-mecanice şi chimice ale zăcămîntului, net deosebite de cele obţinute la forajul cu aliaje dure, s-a reuşit şi obţinerea unei eficienţe economice, condiţionate tocmai de obţinerea principalelor avantaje oferite de forajul cu diamante [1].

Astfel, s-au asigurat condiţiile ca pentru viitor dezvoltarea tehnologiei forajului de explorare să cuprindă perfecţionarea tuturor mijloacelor de dislocare ale rocilor (sape cu role, coroane cu diamante, scule armate cu aliaje dure) ce se pot aplica la explorarea prin foraje a zăcămintelor de cărbuni, în primul rînd a bazinului Valea Jiului.

## II. Situaţia actuală a construcţiilor de gaură

Construcţia găurilor de sondă în Valea Jiului a fost condiţionată de :

- starea pereţilor găurilor de sondă;
- existenţa emanaţiilor de metan sau a viiturilor de apă;
- zone cu pierderi ale fluidului de foraj;
- cantitatea minimă de cărbune pentru analize (ce a influenţat diametrul de foraj);
- posibilitatea utilizării mijloacelor de investigaţie complimentară (geofizică de gaură şi ciupitoare).

Ca urmare s-au ales diametrele de foraj şi tubare, corespunzător cerinţelor de mai sus.

Din punctul de vedere al evoluţiei construcţiilor de gaură, se pot distinge următoarele etape :

— predomină diametrele 160 şi 131 mm (pînă în 1962);
— predomină diametrele 125 mm (pînă în 1967);
— predomină diametrele 120 şi 98 mm (pînă în etapa actuală).

Coloanele tubate au cunoscut următoarele etape :

— predomină diametrele 146 mm (pînă în 1967);
— predomină diametrele 114 mm (pînă în prezent).

Rezultă că, pînă la data actuală, diametrele de foraj cu carotiere 73 mm şi tubaj 89 mm nu au avut utilizare, decît cu totul accidentală [3].

*Tabelul 1*

| Nr. sonde | Adîncimea medie, m | Metri foraţi | Coloane tubate, m | | | Diametre foraj | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 140 mm | 114 mm | total, m | 120 mm | 98 mm | lărgiri, m |
| 42 | 587,2 | 24 067,8 | 821,45 | 1944,50 | 2765,95 | 143398 | 9728 | 504,3 |
| % | — | 100 | — | — | 11,5 | 59,6 | 40,4 | — |

Din analiza construcţiilor de gaură realizate în opt cîmpuri miniere în care se desfăşoară lucrări de explorare cu foraje (tab. 1) a rezultat că :

- metrajul carotat cu diametrul maxim (120 mm) reprezintă ponderea însemnată;
- metrajele tubate reprezintă doar 11,5% (acest lucru este însă influenţat de lipsa acută de burlane).

*Tabelul 2*

| Cauzele | Frecvenţa şi durata rezolvării, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | la adîncimi sub 500 m | | la adîncimi peste 500 m | | total | |
| | nr. | durata | nr. | durata | nr. | durata |
| Prinderi : | 58,4 | 72,1 | 100 | 100 | 61,5 | 79,7 |
| — în talpă | 16,6 | 13,1 | — | — | 15,5 | 9,5 |
| — pe gaură | 41,8 | 59 | 100 | 100 | 46,1 | 70,2 |
| Ruperi prăjini | 16,6 | 6,5 | — | — | 15,4 | 4,7 |
| Smulgeri carotieră | 16,6 | 15,2 | — | — | 15,4 | 11,0 |
| Alte cauze | 8,4 | 6,2 | — | — | 7,7 | 4,6 |

Legat de aspectul construcţiei de gaură de sondă este şi faptul că în găurile telescopate (mai ales cu diametre mari de foraj) fenomenul apariţiei găurilor cheie este frecvent. Aceasta rezultă şi din analiza cauzelor care au provocat accidente tehnice (pe o perioadă de 12 luni) şi a timpului necesar rezolvării lor (tab. 2).

### Concluzii

Considerăm că dezvoltarea de viitor a construcţiei găurilor de sondă trebuie să asigure :

- experimentarea şi apoi introducerea noului diametru (pentru scule diamantate, specifice Văii Jiului) 76 mm la peste 30% din metrajul forat;
- eliminarea completă (în paralel) a diametrului de tăiere 120 mm (înlocuirea acestuia cu cel de 98 mm) pentru zonele cu carotaj continuu;
- forarea cu diametrul 97 mm (sau 118 mm la lărgire) cu sape cu role, în formaţiunile în care nu se cere prelevarea de carote (volume ce trebuie mult extinse) şi adecvarea mijloacelor necesare;
- utilizarea burlanelor de tubaj 114 mm prin lărgirea tronsoanelor executate cu diametrele 97—98 mm. (Se consideră necesar executarea unor măsurători de cavernometrie anticipat lărgirilor, precum şi în găurile netelescopate ce se execută ca etapă intermediară la diametrul 98 mm. În perioada anilor 1964—1966, prin efectuarea acestor măsurători [3], s-au tras concluzii ce au influenţat construcţia găurilor de sondă în Valea Jiului).

Această construcţie are următoarele avantaje principale :

1 — reducerea consumului de diamante pe metru forat;
2 — creşterea vitezelor de avansare;
3 — creşterea lungimii marşului;
4 — reducerea consumului de metal, energie, chimicale, ciment;
5 — menţinerea diametrului de foraj 98 mm(în caz de tubaj cu 114 mm) ca diametru de rezervă;
6 — menţinerea diametrului de tubaj cu burlane 89 mm (în cazul tubării prealabile a coloanei 114 mm) ca diametru de rezervă.

Ca dezavantaj s-ar putea, eventual, considera faptul că rămîne ca diametru de carotaj final, de rezervă, cel de 59 mm ; cum însă recurgerea la diametrul final de rezervă are loc în situaţii de trei cazuri la 400 de găuri forate, trebuie considerat ca un factor de influenţă neglijabil.

Reducîndu-se cantitatea de cărbune extras (diametru carotă 53 mm) este necesar a se reconsidera eventual și metodele de analiză fizico-chimică.

În urma experimentării construcției de gaură pe care o propunem la sonde cu adîncimi finale cuprinse între 600 și 900 m, se vor putea trage toate concluziile privind eficiența tehnico-economică. Aplicarea ei prezintă un pas spre posibilitatea experimentării utilizării forajului cu carotiere introductibile.

În realizarea construcției propuse (odată cu experimentarea a 2—3 tipuri de coroane) va trebui acordată mai mare importanță și:

— calității fluidului de foraj (materiale preparare, tratare—condiționare, curățire);

— calității carotierelor 73 mm (producerea de lungimi de 4,5—6 m și a unor arcuri reținătoare de carote calitativ corespunzătoare); aceeași problemă este valabilă și pentru carotierele duble — asigurarea unei garnituri de foraj calitativ corespunzătoare unor creșteri a turației;

— asigurării unor mijloace de prevenire și rezolvare a accidentelor tehnice pentru găuri cu diametrul 76 mm;

— asigurării sapelor cu role cu diametrele 97 și 118 (120 mm), atît cantitativ, cît și calitativ, precum și a prăjinilor grele corespunzătoare;

— asigurării aparaturii de control și înregistrare a parametrilor de foraj (apăsare, turație, debit și presiune fluid spălare, viteză mecanică instantanee, moment torsiune);

— realizării unei carotiere pentru prelevarea, in situ, a carotelor cu conținut de metan din stratele de cărbune (folosite în alte țări);

— mijloacelor de investigare suplimentară pentru cărbuni (geofizică de gaură, ciupitoare etc.).

**Bibliografie**


[1] Suciu, S. *Posibilitatea utilizării coroanelor cu diamante la explorarea bazinului carbonifer Valea Jiului.* Comunicare, 1976.

[2] James D. Cumming. *Diamond drill Handbook.* Toronto, 1956.

[3] Suciu, S. *Orientări spre noi construcții de găuri de sondă la forajul de adîncime din Valea Jiului.* Revista Minelor, nr. 3, 1964.


# Studiul rocilor ultrabazice serpentinizate din Munții Parîng (zona Ștefanu—Urdele—Coasta lui Rusu)


Prof. dr. doc. **Pavelescu, L.**
și ing. geol. **Pavelescu Maria**
Universitatea București


## I. Introducere

Regiunea cercetată este localizată în zona golurilor alpine cu altitudini ce trec de 2 000 m, de la izvoarele celor trei rîuri Latoriția (Latoriția Benghii spre nord, Latoriția Muntinului și Latoriția Urdelor spre sud), precum și culmea Boianului—Zănoaga Verde—Coasta lui Rusu.

Partea aceasta a limitei dintre munții Lotru și Parîng a fost cercetată încă prin anii 1882—1883 de Gr. Stefănescu, în 1894 de L. Mrazec, însă un studiu mai detaliat se datorește lui G. M. Murgoci din 1898 și lui Ghika-Budești și G. Paliuc din 1933—1934. Începînd din 1955 geologi din diverse întreprinderi execută variate tipuri de prospecțiuni și cartări geologice, concretizate în numeroase rapoarte și publicații (L. Pavelescu și Maria Pavelescu, 1965 și 1966).

## II. Geologia și petrografia regiunii

La constituția geologică a regiunii cercetate iau parte:

**a.** Formațiunile cristaline ale autohtonului danubian cu:

- șisturile cristaline ale seriei de Drăgșan;
- rocile granitoide;
- șisturile cristaline ale seriei de Tulișa;
- rocile eruptive ultrabazice serpentinizate.

**b.** Cristalinul Pînzei getice.

**c.** Depozitele sedimentare.

1. *Formațiunile cristaline ale autohtonului danubian*

Aceste formațiuni ocupă cea mai mare suprafață din regiunea cercetată.

Șisturile cristaline ale seriei de Drăgșan au o arie restrînsă de răspîndire în regiunea cercetată, fiind reprezentate prin complexul inferior (amfibolitic) ce se dezvoltă în partea de est a regiunii. Din punct de vedere petrografic, în cadrul acestui complex s-au separat: amfibolite, șisturi amfibolice și gnaise amfibolice.

Atît amfibolitele cît și șisturile amfibolice prezintă o structură nematoblastică și o textură șistoasă, uneori rubanată. În compoziția lor mineralogică intră: hornblendă verde, plagioclazi, cuarț, zoizit, clorit, epidot, clinozoizit, biotit, rutil, calcit, talc, tremolit, ferrotremolit, granați, muscovit, sericit, titanit, actinot, minerale opace.

Gnaisele amfibolice apar sub formă de lentile, iar în compoziția lor mineralogică intră: pla-

gioclazi, cuarţ, hornblendă, biotit, clinozoizit, epidot, ilmenit, leucoxen, pirită şi magnetit.

Rocile granitoide se întîlnesc, atît în partea de sud-est a regiunii (Latoriţa Muntînului şi Latoriţa Urdelor), cît şi în sud şi sud-vest (pe valea Latoriţei Urdelor spre coasta Petreştilor şi Mohoru).

Rocile predominante sînt granodioritele care prezintă texturi masive şi gnaisice. În afară de aceste faciesuri texturale, se întîlnesc numeroase separaţii aplitice, pegmatitice, granitice de porfire cuarţifere sau lamprofirice. Rocile granodioritice sînt constituite din: cuarţ, microclin, plagioclazi saussuritizaţi, biotit decolorat şi limonitizat, epidot, zoizit, rutil, titanit, hornblendă, apatit, clorit, allanit şi oxizi de fier.

Şisturile cristaline ale seriei de Tulişa ocupă aria cea mai largă de răspîndire a formaţiunilor geologice şi se prezintă cu toate cele trei orizonturi ale sale. Cel mai larg dezvoltat este însă cel median denumit şi al rocilor verzi, în timp ce orizontul superior apare doar ca nişte petice, iar cel inferior sub forma cîtorva aflorimente (la Găuri, la „Căşărie" etc.).

Orizontul inferior este reprezentat prin metaconglomerate, metaarcoze şi cuarţite, cel median prin roci verzi (şisturi cloritice cu epidot, albit şi calcit, şisturi epidotice, şisturi clorito-sericitoase, calcare, calcare dolomitice, calcare cipolinice şi calcare cu feldspaţi), iar orizontul superior este reprezentat prin şisturi şi filite cuarţitice cu sericit şi grafit şi cuarţite sericitoase cu grafit.

Rocile eruptive ultrabazice, mai mult sau mai puţin serpentinizate, se amplasează pe două orizonturi în şisturile cristaline ale seriei de Tulişa. În acest sens menţionăm lentilele şi corpurile din şeaua culmii Urdele, din culmile Muntinu şi Cărbunele, din culmea Stefanu, Huluzu, Boianu, Zănoaga Verde, Coasta lui Rusu şi Găuri.

Pe baza relictelor structurale şi mineralogice s-au putut separa: serpentinite apodunitice, apowehrlitice, apoperidotitice (formate pe seama schriesheimitelor, grammatitelor şi bronzititelor etc.).

Serpentinitele apoperidotitice au o structură masivă, structura granulară-ocelară, iar în compoziţia lor olivina ocupă peste 80% din volumul rocii, din care însă nu au rămas decît relicte, fiind în mare parte substituită de antigorit, crisotil şi minerale opace.

Pe lîngă această serpentinizare a olivinei, cristalele ei sînt, uneori, transformate în bowlingit şi iddingsit.

În procesul de serpentinizare a olivinei ia naştere magnetitul secundar sub forma de granule fine, cu conture neregulate, ce se dispun în jurul cristalelor de olivină, scoţînd în evidenţă conturele lor rombice, sau pătrund sub formă de pulbere fină în interiorul lor şi le maschează complet. În unele sectoare magnetitul nu se dispune ca o pulbere în interiorul cristalelor de olivină, ci formează, fie aglomerări masive, fie că granulele sale se aranjează în şiraguri dese ca nişte microşlire.

În procesul de transformare a olivinei în crisotil şi antigorit, primul se dispune sub formă de fibre, perpendicular pe direcţia fisurilor, pe două sau mai multe rînduri, care sînt separate între ele prin granule fine de magnetit.

În dunitele de la Muntinu şi Urdele, pe lîngă celelalte minerale secundare menţionate, semnalăm şi prezenţa talcului şi a azbestului.

Serpentinitele apowehrlitice au o compoziţie mineralogică în care intră: olivină, piroxeni, amfiboli, magnetit, clorit, antigorit, calcit, bowlingit, iddingsit şi saponit. După contururile sale se observă că olivina apare sub formă de cristale larg dezvoltate, dar care au fost transformate, în cea mai mare parte, în minerale secundare, care îi imprimă o structură reticulară caracteristică. Piroxenii se prezintă sub formă de diallag, dar numai ca relicte. Conţinutul cristalelor este umplut cu o pulbere fină de magnetit. Uneori, în această pulbere se întîlnesc şi granule fine de cromit. Amfibolii (tremolit şi actinot) sînt, în cea mai mare parte, secundari. Magnetitul se prezintă, fie sub formă de cristale fine, idiomorfe, fie sub formă de granule de mărimi şi contururi neregulate sau chiar sub formă de pulbere. El poate forma aglomerări, care ocupă uneori peste 50% din volumul rocii, cum sînt de exemplu serpentinitele din şeaua Urdele. În aceste cuiburi, printre cristalele de magnetit se individualizează şi cîteva cristale idiomorfe de cromit. În toate lentilele de serpentinite apowehrlitice de pe culmea Urdele, Cărbunele şi Muntinu, mineralizaţiile de magnetit formează concentraţii care, însă, sînt dispuse într-un mod cu totul capricios. În masivul Coasta Benghii şi mai ales pe Coasta lui Rusu au fost întîlnite numeroase cristale de diopsit cromifer, care conţin între 0,04 şi 2,18% $Cr_2O_3$. În masivele Urdele, Cărbunele şi Muntinu $Cr_2O_3$ variază între 0,11 şi 0,62%, iar NiO între 0,04 şi 0,90%. Apariţia acestei cantităţi relativ ridicate de $Cr_2O_3$ şi NiO se datoreşte, pe de o parte, apariţiei cromitului şi a unui clinoclor cromifer, iar pe de altă parte, a unui antigorit nichelifer.

Serpentinitele apoperidotitice sînt roci care apar în culmile Muntinu, Cărbunele, Boianu şi Găuri. Structura lor variază de la una fanerocristalină la una microcristalină porfirică în care cristalele prezintă relicte de structuri echigranulare şi holocristaline. Textura este masivă, compactă. În aceste roci se observă cum într-un ţesut fundamental format din cristale fine de tremolit sau într-un ţesut reticular format din minerale serpentinice, se conturează fenocristalele larg dezvoltate de tremo-

lit, diopsid și olivină. Ceea ce trebuie de remarcat este faptul că unele cristale sînt ciuruite poikilitic de granule de mărimi variabile de magnetit. Acesta din urmă, sub forma unei pulberi foarte fine, maschează complet conținutul cristalelor. Relictele de olivină, în general, sînt proaspete și sînt bine conturate de o zonă de grosime variabilă de bowlingit cu structură antigoritică. Uneori în conținutul cristalelor de olivină pătrund lamele fine de clorit sau ace de actinot. Relictele de piroxeni apar sub formă de diallag sau augit; cele de diallag sînt ceva mai larg dezvoltate și sînt frecvent presărate cu o pulbere fină de magnetit. Printre aceste roci, care au suferit procese de serpentinizare și bastitizate, s-au întîlnit și unele care prezintă procese de carbonatare destul de pronunțate. Unele cristale de tremolit, în procesele de metasomatism, trec în azbest. Acesta apare sub formă de filonașe a căror grosime este de 2—5 cm. Este casant, de culoare cenușie-albicioasă sau alb-albăstruie cu nuanțe slab verzui-violete. Pe culmea Muntinului azbestul a fost obiectul unor explorări rudimentare.

Serpentinitele apopiroxenice apar în apropiere de Coasta lui Rusu, la Găuri și sub Stefanu, în culori brun-gălbui cu mici dungi verzui negricioase, în compoziția cărora intră : bronzit, clorit, talc, augit, calcit, magnetit și pirotină. Au fost întîlnite și serpentinite apopiroxenice în compoziția cărora intră : relicte de olivină, bronzit, diallag, hornblendă, granați, minerale serpentinice, clorit, calcit, magnetit și pirită. Aceste serpentinite apar mai ales pe coastele sud-vestice ale culmii Cărbunele, pe valea Latorița Urdelor și la Boianu.

Chimismul rocilor. Din datele analizelor chimice, totale sau parțiale, ca și cele spectrale (tab. 1) reiese, în mod clar, că rocile ultrabazice din masivele Urdele, Muntînu, Căr-

*Tabelul 1*

**Compoziția chimică a serpentinitelor**

| Proba nr. | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | FeO | MnO | CaO | MgO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $H_2O+$ | $H_2O-$ | $CO_2$ | S | $Cr_2O_3$ | Cr | Ni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | *Urdele* | | | | | | | | | |
| 1 | 42,65 | — | 0,88 | 2,04 | 4,31 | 0,07 | 0,56 | 36,36 | 0,55 | 0,10 | 11,00 | 0,52 | 0,65 | 0,29 | — | — | — |
| 3* | 35,05 | — | 15,31 | | — | — | 4,92 | 31,35 | — | — | 15,12 | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 37,16 | — | 2,43 | 6,27 | 1,22 | 0,07 | 0,16 | 39,35 | — | 0,10 | 12,08 | 1,02 | 0,68 | 0,08 | — | — | — |
| 5 | 38,95 | — | 2,22 | 4,07 | 1,00 | 0,05 | 0,35 | 39,10 | 0,70 | 0,10 | 11,95 | 0,80 | 0,80 | 0,18 | — | — | — |
| 6 | 38,37 | — | 1,47 | 5,75 | 0,93 | 0,05 | 0,35 | 38,55 | 1,00 | 0,10 | 11,95 | 1,30 | 0,56 | 0,13 | — | — | — |
| 7 | 38,20 | 0,06 | 1,51 | 4,71 | 0,43 | 0,06 | 0,30 | 39,30 | 1,85 | 0,10 | 10,07 | 1,18 | 0,70 | 0,06 | — | — | — |
| 8 | 38,30 | 0,12 | 1,10 | 7,20 | 1,07 | 0,04 | 0,40 | 37,80 | 1,00 | 0,10 | 11,44 | 0,76 | 0,37 | 0,18 | — | — | — |
| 9 | 39,75 | 0,12 | 0,75 | 6,23 | 1,58 | 0,06 | 0,70 | 38,00 | 0,75 | 0,10 | 10,86 | 0,58 | 0,54 | 0,15 | — | — | — |
| 10 | 38,34 | 0,06 | 0,86 | 7,99 | 0,72 | 0,06 | 0,70 | 38,80 | — | 0,10 | 11,58 | 0,74 | 0,40 | 0,19 | — | — | — |
| 13A | 40,89 | — | 0,77 | 4,24 | 3,73 | 0,08 | 0,49 | 36,36 | — | 0,10 | 11,41 | 0,94 | 0,56 | 0,36 | — | — | — |
| 13B | 41,09 | — | 2,42 | 2,01 | 4,66 | 0,10 | 1,40 | 35,40 | 0,55 | 0,10 | 11,08 | 0,64 | 0,45 | 0,28 | — | — | — |
| 16 | 39,61 | 0,10 | 3,37 | 4,64 | 2,65 | 0,07 | 0,40 | 36,86 | 0,55 | 0,10 | 10,57 | 0,98 | 0,54 | 0,07 | — | — | — |
| 17 | 39,24 | — | 1,82 | 5,19 | 0,72 | 0,03 | 0,40 | 39,40 | — | 0,10 | 11,02 | 1,40 | 0,47 | 0,05 | — | — | — |
| 21 | 57,84 | — | 0,55 | 0,55 | 1,58 | 0,04 | 11,91 | 25,55 | — | 0,10 | 1,30 | 0,22 | 0,40 | 0,29 | — | — | — |
| | | | | | | | | *Muntinu* | | | | | | | | | |
| 22 | 34,84 | 0,15 | 8,85 | 2,35 | 0,86 | 0,14 | 0,70 | 36,80 | 2,80 | 0,10 | 11,36 | 0,64 | 0,75 | 0,05 | — | — | — |
| | | | | | | | | *Cărbunele* | | | | | | | | | |
| 2 | 38,61 | — | 12,77 | 11,12 | 2,60 | 0,03 | 1,26 | 20,80 | 0,80 | — | 11,14 | 0,32 | — | — | — | — | — |
| 3 | 39,95 | — | 12,40 | 10,54 | 2,40 | 0,08 | — | 23,05 | 0,70 | — | 10,74 | 0,30 | — | — | — | — | — |
| 4* | 38,69 | — | 8,46 | | — | — | — | 38,11 | — | — | 14,90 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | *Găuri* | | | | | | | | | |
| 1* | 36,84 | — | 17,56 | | — | — | 0,33 | 32,21 | — | — | 14,41 | — | — | — | — | — | — |
| 5* | 37,58 | — | 13,39 | | — | — | 0,41 | 33,82 | — | — | 15,76 | — | — | — | — | — | — |
| 39 | 38,88 | 1,80 | 5,97 | 7,06 | 3,18 | — | 1,40 | 36,38 | — | — | — | — | — | — | — | 0,005 | 0,15 |
| | | | | | | | | *Latorița* | | | | | | | | | |
| 2* | 34,65 | — | 15,44 | | — | — | 3,28 | 30,37 | — | — | 15,06 | — | — | — | 1,94 | — | — |
| | | | | | | | | *Coasta lui Rusu* | | | | | | | | | |
| 30 | 29,50 | 1,80 | 15,40 | 10,93 | 17,17 | — | 16,94 | 4,90 | — | — | — | — | — | — | — | 0,004 | 0,23 |
| 31 | 31,30 | — | 18,64 | 5,49 | 3,04 | — | 1,40 | 30,40 | — | — | — | — | — | — | — | 0,004 | 0,23 |
| 32 | 32,65 | 2,80 | 4,00 | 11,14 | 10,18 | — | 2,80 | 29,70 | — | — | — | — | — | — | — | 0,004 | 0,26 |
| 33 | 37,24 | 0,35 | 0,60 | 11,18 | 3,65 | — | 2,10 | 34,70 | — | — | — | — | — | — | — | 0,004 | 0,16 |
| 34 | 39,62 | — | — | 10,59 | 4,56 | — | 1,40 | 36,48 | — | — | — | — | — | — | — | 0,009 | 0,20 |
| 36 | 43,30 | — | 14,16 | 11,84 | — | — | 23,52 | 6,65 | — | — | — | — | — | — | — | 0,005 | — |
| 37 | 38,51 | 1,00 | 4,80 | 6,79 | 3,03 | — | 0,98 | 35,28 | — | — | — | — | — | — | — | 0,005 | 0,32 |
| 38 | 34,19 | — | 5,98 | 11,34 | 3,50 | — | 1,12 | 35,17 | — | — | — | — | — | — | — | 0,005 | 0,06 |
| | | | | | | | | *V. Muncelului* | | | | | | | | | |
| 35 | 38,79 | — | 3,38 | 9,70 | 2,27 | — | 1,68 | 36,08 | — | — | — | — | — | — | — | 0,005 | 0,15 |

* Date după Murgoci

bunele, Stefanu, Coasta lui Rusu și Găuri, din punct de vedere chimic aparțin rocilor ultrabazice, caracteristice magmelor peridotitice. Prin raportul MgO :FeO, care variază între 7 și 91, ele se încadrează în grupa serpentinitelor hipermagbazitice și ultrabazitice, cu unele particularități mai deosebite. În general, rocile sînt sărace în alcalii, raportul al :alc variind între 0,48 și 23,88.

În ce privește raportul *mg* :*c*/*fm* (din datele înscrise în tab. 2) se observă că el variază foarte mult. În figura 1 se vede că rocile studiate se situează în cîmpurile Ca > Mg > Fe; Ca > (Fe + Mg)/2 și Ca < (Fe + Mg)/2. Din valorile ACF înscrise în tabelul 3 se observă predominanța netă a parametrului F față de ceilalți parametri. Toate aceste raporturi demonstrează că rocile prezintă cîmpuri bogate în minerale magneziene și sărace în cele cu alcali, alumină și calciu. Aceste raporturi scot în evidență că formarea acestor roci s-a făcut în prima fază de consolidare a unei magme bazaltice, oceanice. Diferențierea acestor magme a fost de scurtă durată; pentru aceasta

*Tabelul 2*

**Parametri Niggli**

| Proba nr. | *si* | *al* | *fm* | *c* | *alc* | *ti* | *k* | *mg* | *c*/*fm* | *qz* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70,25 | 0,88 | 97,13 | 0,98 | 0,98 | — | 0,10 | 0,92 | 0,01 | —33,67 |
| 4 | 57,96 | 2,15 | 97,47 | 0,28 | 0,09 | — | 0,10 | 0,94 | 0,002 | —42,40 |
| 5 | 61,42 | 2,08 | 96,21 | 0,57 | 1,14 | — | 0,08 | 0,96 | 0,006 | —43,14 |
| 6 | 60,82 | 1,33 | 96,48 | 0,57 | 1,62 | — | 0,06 | 0,95 | 0,005 | —45,66 |
| 7 | 59,60 | 1,40 | 95,23 | 0,47 | 2,90 | 0,06 | 0,03 | 0,96 | 0,004 | —52,00 |
| 8 | 61,31 | 1,05 | 96,63 | 0,67 | 1,63 | 0,09 | 0,05 | 0,93 | 0,006 | —45,21 |
| 9 | 63,42 | 0,67 | 96,63 | 1,14 | 1,24 | 0,09 | 0,07 | 0,93 | 0,01 | —41,54 |
| 10 | 60,75 | 0,76 | 98,00 | 1,14 | 0,09 | 0,06 | 0,10 | 0,94 | 0,01 | —39,61 |
| 13A | 67,76 | 0,69 | 98,30 | 0,89 | 0,09 | — | 0,10 | 0,92 | 0,009 | —32,60 |
| 13B | 67,02 | 2,34 | 94,22 | 2,44 | 0,97 | — | 0,10 | 0,92 | 0,02 | —36,86 |
| 16 | 63,65 | 3,18 | 95,17 | 0,67 | 0,96 | 0,09 | 0,10 | 0,93 | 0,007 | —40,19 |
| 17 | 62,09 | 1,70 | 97,53 | 0,66 | 0,09 | — | 0,10 | 0,95 | 0,006 | —38,27 |
| 21 | 109,23 | 0,56 | 75,29 | 24,02 | 0,11 | — | 0,10 | 0,96 | 2,81 | + 8,79 |
| 22 | 53,10 | 7,95 | 86,74 | 1,09 | 4,20 | 0,18 | 0,02 | 0,97 | 0,01 | —63,70 |

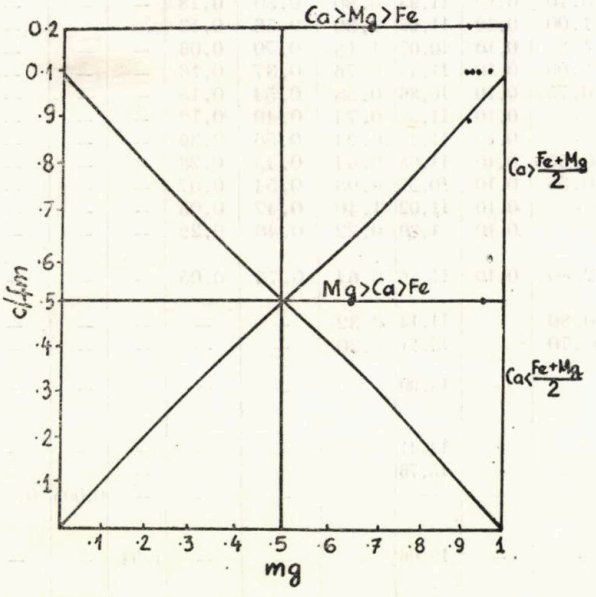



Fig. 1 Diagrama de variație între *mg* și *c*/*fm*

pledează, pe de o parte, lipsa unor minerale de temperatură mai joasă, iar pe de altă parte, apariția frecventă în aceste roci a spinelilor de temperaturi foarte ridicate (temperaturi care nu sînt propice pentru formarea silicaților alcalini). Magmele acestea s-au intrus printre rocile destul de afînate și bogate în apă, încît procesele de serpentinizare au avut loc sub influența acestor factori. De asemenea, nu se observă nici procese de metamorfism termic, decît cu totul sporadic, și nici rocile nu prezintă structuri cataclastice.

2. *Cristalinul Pînzei getice*

Cristalinul Pînzei getice apare numai pe rama de nord, nord-est. Caracterul petrografic al formațiunilor cristaline ce intră în constituția lui este dominat de roci puternic metamorfozate și larg cristalizate. În acest sens menționăm: gnaise biotitice, gnaise migmatitice, filoane și cuiburi de pegmatite.

*Tabelul 3*

**Valori ACF**

| Proba nr. | 1 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 13A | 13B | 16 | 17 | 21 | 22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1,16 | 5,73 | 3,38 | 3,36 | 1,43 | 3,93 | 3,27 | 5,45 | 3,48 | 2,64 | 5,13 | 4,68 | 0,87 | 5,60 |
| C | 1,01 | 0,26 | 0,60 | 0,61 | 0,52 | 0,71 | 1,07 | 1,19 | 0,87 | 2,49 | 0,70 | 0,67 | 24,12 | 1,25 |
| F | 97,83 | 94,01 | 96,02 | 96,03 | 98,05 | 95,36 | 95,66 | 93,36 | 95,65 | 94,87 | 94,17 | 94,65 | 75,01 | 93,15 |

3. *Depozitele sedimentare*

Aceste depozite, de vîrstă cuaternară, sînt reprezentate prin roci aluvionare care formează luncile Lotrului sau ale Latoriţelor, rocile morenice din apropierea cercurilor glaciale (Gălcescu, Găuri, Muntînu şi Urdele) şi, în fine, rocile deluviale de la poalele culmilor.

Din punct de vedere structural, se observă că partea centrală a regiunii este constituită de formaţiunile cristaline ale seriei de Tulişa.

Calcarele cipolinice apar ca intercalaţii printre rocile verzi; calcarele cristaline albe-cenuşii se găsesc peste metaconglomeratele din baza rocilor verzi. Peste rocile verzi stau şisturile negre şi cuarţitele grafitoase.

Rocile ultrabazice, serpentinizate în cea mai mare parte, apar sub formă de intercalaţii, de cele mai multe ori lentiliforme, de grosimi variabile în orizontul median al seriei de Tulişa (rocile verzi). Au fost distinse două nivele, separate între ele prin roci verzi, a căror grosime variază între 200 şi 300 m. Serpentinitele din Urdele reprezintă nivelul inferior, în general subţire. Nivelul superior este reprezentat prin serpentinitele din culmea Muntinu, Cărbunele, Urdele, Stefanu, Găuri şi Coasta lui Rusu. Serpentinitele de pe Coasta lui Rusu sînt intercalate printre calcarele de deasupra rocilor verzi (fig. 2).

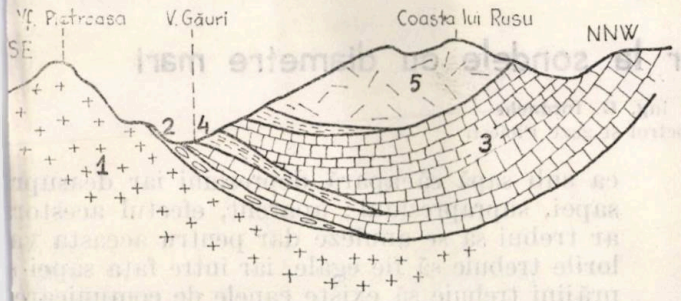



Fig. 2. Schiţa profilului geologic între Coasta lui Rusu şi Vîrful Pietroasa :

*1* — granite ; *2* — conglomerate ; *3* — calcare ; *4* — şisturi verzi ; *5* — serpentinite.

Ca un fapt care trebuie menţionat este acela că în zonele în care serpentinitele vin în contact cu rocile verzi ale orizontului median, uneori ele se îmbogăţesc în magnetit şi cromit, mai ales în jurul unde se constată şi manifestările mai accentuate ale unui metamorfism de contact termic. Aceste manifestări nu se întîlnesc decît în cadrul nivelului inferior al serpentinitelor.

Ambele nivele de serpentinite ar putea avea o singură rădăcină, care s-ar afla în apropiere de muntele Stefanu.

Vîrsta acestor roci ultrabazice serpentinizate este mai veche decît cea a ofiolitelor mezozoice din baza Pînzei getice şi sincronă sau mai veche decît cea a metamorfismului şisturilor cristaline ale orizontului de roci verzi ale seriei de Tulişa.

Formaţiunilor orizontului superior ale seriei de Tulişa care stau în curmătura de la Stefanu peste serpentinite, ca şi celor din orizontul median şi inferior (metaconglomerate), le-a fost atribuită vîrstă Paleozoic inferior, încă de Mrazec, Inkey şi Murgoci.

Din punct de vedere economic, aşa cum s-a văzut mai sus, rocile ultrabazice serpentinizate, în mare parte, conţin cantităţi variabile de spineli (cromit şi magnetit) formaţi în primele faze de consolidare a magmei peridotitice şi minerale secundare formate în procesul de serpentinizare şi hidrotermalitizare a rocilor peridotitice (magnetit secundar, azbest, pirită).

Cromitul ($Cr_2O_3$) din masivul Urdele, Muntînu, Cărbunele, variază între 0,0591 şi 1,94%. Acesta apare sub formă de cristale idioforme sau neregulate. Pe versantul nord-estic şi estic al culmii Muntinului au fost întîlnite serpentinite cu 4—5% $Cr_2O_3$. În mod frecvent el apare în serpentinitele apodunitice, de unde reiese că el a cristalizat dintr-o magmă dunitică. O parte din cromul magmelor a intrat în constituţia cromitului, iar o altă parte — în reţeaua diopsidului sau a clinoclorului.

În ce priveşte fierul, el poate proveni din magnetitul primar, secundar, hematit, limonit şi pirită. Analizele spectrale arată că fierul total variază între 2,43 şi 19,75%, iar suma $FeO + Fe_2O_3$ variază între 2,13 şi 18,81%. Prospecţiunile magnetometrice în zonele Stefanu—Urdele şi Coasta lui Rusu—Găuri au pus în evidenţă unele anomalii cu valori pînă la 20 000 γ. Comparînd rezultatele obţinute în cele două zone se remarcă mari diferenţe a valorilor de susceptibilitate magnetică. Astfel, în zona Stefanu—Urdele acestea variază între 4 000 şi 9 000 $\times 10^{-6}$ uCGS, mai rar peste 10 000 $\times 10^{-6}$ uCGS, iar în Coasta lui Rusu ele trec de 35 000 $\times 10^{-6}$ uCGS. Din măsurările geofizice se observă că serpentinitele masive, cum sînt cele de la Găuri şi Coasta lui Rusu, au valori anomale de peste 30 000 γ, cele solzoase, cum sînt cele între Stefanu şi Muntinu, de peste 11 000 γ, iar cele şistoase, de pe pîrîul Găuri, au peste 3 500 γ.

Pe culmea Stefanu—Muntinu direcţia anomaliilor este NS, corespunzînd, în parte, cu cea a rocilor verzi şi a lentilelor de serpentinite.

În ce priveşte pirita şi pirotina, care se întîlnesc îndeosebi pe versantul estic al culmii Muntinu—Urdele, ele însoţesc de regulă magnetitul.

Azbestul crisotilic de la Stefanu se încadrează în categoria celui industrial cu $MgO/SiO_2$ cuprins între 1,15 şi 0,92 ; cel din vîrful Urdele se apropie mai mult de compoziţia azbestului antofilitic (tab. 4).

Azbestul amfibolic (antofilitic, tremolitic, actinolitic, riebeckitic etc.) este casant, dur şi din cauza aceasta are o utilizare industrială limitată. Azbestul tremolitic se întîlneşte, de re-

*Tabelul 4*

**Compoziția chimică a azbestului, %**

| Mineralul | Azbest Urdele | Azbest Stefanu |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 51,38–52,80 | 35,90–40,82 |
| $Al_2O_3$ | 0,28–0,96 | 0,53–3,63 |
| $Fe_2O_3$ | 2,10–6,24 | 0,57–4,03 |
| FeO | 4,16 | 2,47–3,77 |
| MgO | 23,58–26,24 | 35,75–41,49 |
| CaO | 9,84–12,36 | 0,59–3,19 |
| $H_2O$ | 0,95–5,10 | 12,10–12,67 |

gulă, la periferia lentilelor de serpentinite, avînd fibre cu lungimea de circa 5 cm și o culoare alb-albăstruie cu nuanțe verzui.

Cu tremolitul și cu mineralele serpentinice se asociază de multe ori talcul. Filonașele de talc de la Stefanu conțin: 47,50% $SiO_2$; 31,20% MgO; 9,45% FeO+$Fe_2O_3$ și 1,60% CaO.

Nichelul nu formează minerale proprii, însă el apare sub formă de constituent izomorf în rețeaua olivinei sau a cloritelor. Conținutul în NiO din aceste roci este cuprins între 0,05 și 0,90%.

Pentru a se putea contura mai bine acumulările de magnetit și cromit se impun ridicări geofizice de mare detaliu.

**Bibliografie**


[1] Dragomir, N., Arsenescu, V. *Raport asupra prospecțiunilor geologice pentru azbest în munții Urdele-Paring.* 1965, Arhiva I.G.G. București.

[2] Dudnic, Gh., Fetov Olga, Apostol, A. *Raport asupra lucrărilor de prospecțiune geologică și geofizică executate în 1960 în regiunea Paring-Urdele pentru minereuri sărace de fier.* 1961, Arhiva Fondului Geologic, București.

[3] Murgoci, G. M. *Contribuțiuni la studiul petrografic al rocilor din zona centrală a Carpaților Meridionali. IV Serpentinele din Urdele, Muntînu și Găuri (Masivul Paringu).* 1895, An Ms. geol. și paleontologic, București.

[4] Pavelescu, L., Pavelescu Maria *Cercetări geologice și petrografice între Oașa (Munții Sebeșului) și Urdele (Munții Parîngului).* 1965, St. și cercet. geol. geofiz. și geogr., Seria geologie, T 11/1 Acad. R.S.R.

[5] Pavelescu, L., Pavelescu Maria *Contributions a l'étude des roches ophiolitiques de la zone de Monts Lotru et Paring (Carpathes Meridionales).* 1965, Carpatho-Balkan Geological Ass., VII Congress Sofia.

[6] Pavelescu, L., Kissling, Al., Mercus, D *Chemism variations and time evolution of the Southern Carpathians ophiolitic eruptions.* 1967, Carpatho-Balkan Geol. Ass. VIII Congr. Belgrade.

[7] Pavelescu, L. *Contributions to the study of chromi ferrous diopsides and other minerals of the peridotitic rock from Coasta lui Rusu (Southern Carpathians).* 1968 Rev. roum. Géol., Géophis., Géogr. Sec. Géol. T 12/1 Acad. R.S.R.

[8] Pavelescu Maria *Harta geologică foaia Mîndr sc. 1:50 000.* 1970.

[9] * * * *Harta genetică a substanțelor minerale utile, foai Orăștie sc. 1:200 000.* 1970.


# Manevra materialului tubular la sondele cu diametre mari


Conf. dr. ing. **G. Iordache**
Institutul de petrol și gaze Ploiești


## I. Introducere

Datorită maselor mari, precum și construcției deosebite (în comparație cu forajul obișnuit), manevra materialului tubular are elemente specifice. Garnitura de foraj și sapa, precum și alte materiale tubulare cu diametre mici, se manevrează cu sistemul de manevră al instalației; datorită ansamblului rigid format la partea inferioară a garniturii de foraj (sapă, stabilizatori-corectori, prăjini grele), precum și existenței — în unele cazuri — a țevilor pentru realizarea aer-liftului, manevra pentru extragere trebuie făcută cu următoarele precauții:

- se va urmări indicatorul de greutate pentru a se detecta eventualele zone de micșorare a diametrului de trecere (sapei);
- trebuie evitate corectările intermediare mai ales datorită diferenței de greutate ce apare la manevră (în comparație cu situația că se forează);
- este necesar să se evite apariția presiunilor suplimentare: datorită diferenței mari dintre diametrul sapei și al prăjinilor de foraj (în cazul în care s-au produs umflări ale marnelor traversate încă înaintea extragerii), este posibil ca sub sapă să apară depresiuni iar deasupr sapei, suprapresiuni; aparent, efectul acestor ar trebui să se anuleze dar pentru aceasta va lorile trebuie să fie egale, iar între fața sapei prăjini trebuie să existe canele de comunicare
- trebuie urmărită cu atenție variația nive lului de lichid din gaura de sondă; scăderi mi ale acestuia pot avea efecte imediate asupr echilibrului strat-gaură de sondă.

Pentru manevra coloanelor cu diametre ma se vor avea în vedere următoarele aspecte:

— manevra de introducere prin plutire sa cu ajutorul sistemelor auxiliare, hidraulice

— echilibrul presiunilor la operațiile de ma nevră.

## II. Manevra coloanelor cu diametre mari pri plutire și sistem hidraulic

Diametrele, respectiv volumele mari dezl cuite de coloanele de burlane, determină pos bilitatea manevrei (introducerii) acestora pr folosirea forței de flotabilitate. În acest c însă este absolut obligatorie echiparea primul

burlan (v. și [1]) cu un șiu cu valvă care trebuie dimensionată în mod corespunzător; de asemenea, pentru formarea și introducerea coloanei, în afara măsurilor ce trebuie luate referitoare la fluidul din sondă (ale cărui proprietăți trebuie astfel reglate încît să nu se modifice în timpul tubării și al prizei pastei de ciment), este util să se treacă la pregătirea instalației pentru tubare: se extrage garnitura de foraj în bucăți (după ce noroiul a fost condiționat), precum și ansamblul de la talpa sondei (sapă, stabilizatori, prăjini grele) și masa rotativă.

Din acest moment este posibilă montarea substructurii pentru tubare, a instalației hidraulice de manevră (atunci cînd există) și a podurilor pentru sudarea burlanelor la gura sondei. În vederea manevrei bucăților de burlane, se folosesc, de regulă, automacarale cu capacități relativ mari, iar pentru deplasarea în dreptul planului înclinat — cărucioare de mină cu adaptări — în vederea preluării unor sarcini mari. Înaintea sudării la gura sondei, se face verificarea orizontalității și paralelismului suprafețelor de la capete — pentru aceasta se fac măsurători ale înălțimii pe cel puțin patru generatoare; centrarea dinaintea sudării a bucății care se atașează se face cu metode topografice — de regulă cu două teodolite fixate la 90° — dar metoda nu este încă perfecționată. Este de dorit să se urmărească această operație în mod continuu și să se poată lua măsuri eficiente de corectare în vederea coaxilității. La tehnica actuală abaterile de numai cîteva minute pot să conducă la dezaxări mari, imposibil de corectat — previzibil, efectele dezaxărilor sînt mai importante în cazul bucăților plasate în partea de sus a coloanei de burlane; fiind practic ultimele, tocmai aici atenția operatorilor începe să scadă, iar dezaxarea coloanei are consecințe foarte grave.

Pentru introducerea coloanei prin plutire, se presupune, pentru început, că instalația nu dispune de dispozitive de manevră speciale; în acest cazuri singura soluție este folosirea sistemului de manevră convențional, a cărui capacitate este mult sub valoarea forței provenită din greutatea coloanei. Pentru echilibrul coloanei în lichid este necesar ca suma forțelor provenite din greutatea proprie a coloanei $G_c$ cea a lichidului din coloană $G_f$ să nu depășească forța de plutire $G_p$ (fig. 1) adică, la limită,

$$G_c + G_f = G_p. \tag{1}$$

Conform notațiilor,

$$G_c = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) L\gamma_0 \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_0}\right), \tag{2}$$

$$G_f = \frac{\pi}{4} d^2 (L - l_g)\gamma_f \tag{3}$$

și:

$$G_p = \frac{\pi}{4} D^2 L\gamma_f, \tag{4}$$

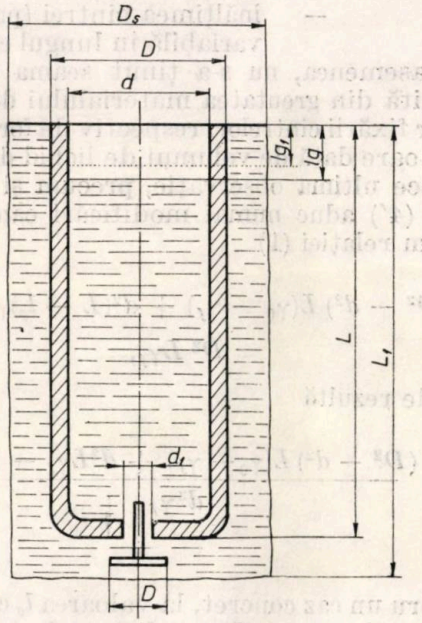



Fig. 1

în care:

$D$, $d$ reprezintă diametrul exterior, respectiv interior al coloanei;

$\gamma_0$, $\gamma_f$ — greutatea specifică a materialului din care sînt confecționate burlanele, respectiv a fluidului din gaura de sondă;

$L$, $l_g$ — lungimea coloanei, respectiv lungimea de golire.

În relațiile (2) respectiv (4) nu s-a ținut seama de existența cintrelor; pentru un calcul exact, relația (2) devine

$$G_c = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) L\gamma_0 \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_0}\right) + V_c\gamma_0 \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_0}\right), \tag{2'}$$

respectiv (4),

$$G_p = \frac{\pi}{4} D^2 L\gamma_f + V_c\gamma_f, \tag{4'}$$

în care $V_c$ reprezintă volumul total al cintrelor corespunzător lungimii $L$; în cazul unor cintre simple,

$$V_c = i\frac{\pi}{4}(D_e^2 - d_i^2) h, \tag{5}$$

în care:

$i$ reprezintă numărul de cintre;

$D_e$, $d_i$ — diametrul exterior, respectiv interior al cintrelor (se poate lua $d_i \simeq D$);

$h$ — înălțimea cintrei (practic invariabilă în lungul coloanei).

De asemenea, nu s-a ținut seama de forța provenită din greutatea materialului de sudură necesar fixării cintrelor, respectiv de forța corespunzătoare dată de volumul de lichid dezlocuit. Deoarece ultima observație, precum și relațiile (2′) și (4′) aduc numai modificări cantitative, conform relației (1)

$$(D^2 - d^2)\, L(\gamma_0 - \gamma_f) + d^2(L - l_g)\gamma_f = \\ = D^2 L \gamma_f, \qquad (6)$$

de unde rezultă

$$l_g = \frac{(D^2 - d^2)\, L(\gamma_0 - \gamma_f) + d^2 L\gamma_f - D^2 L\gamma_f}{d^2 \gamma_f}. \qquad (7)$$

Pentru un caz concret, la valoarea $l_g$ calculată cu ajutorul relației (7) se obține, de fapt, lungimea pe care coloana trebuie menținută goală pentru ca să stea în echilibru. Deoarece variația valorii $l_g$ în limite mici se face prin adaosul sau extragerea unor cantități mari de fluid (datorită volumului mare al coloanei), operația trebuie făcută cu atenție; pentru coborîrea coloanei este necesară micșorarea valorii $l_g$ pînă la o valoare $l_{g_1}$ al cărei maxim trebuie corelat cu sarcina maximă de manevră $G_m$.

Dacă se notează cu

$$\Delta l_g = l_g - l_{g_1}, \qquad (8)$$

pentru a nu avea accidente trebuie ca

$$G_m > \Delta l_g \frac{\pi}{4} d^2 \gamma_f. \qquad (9)$$

Dacă se acceptă coeficientul de siguranță $c_s = 1{,}5 \ldots 2{,}0$ (frecvent folosit în dimensionarea și alegerea instalațiilor) atunci, la limită, se poate scrie

$$\frac{G_m}{c_s} = \Delta l_g \frac{\pi}{4} d^2 \gamma_f. \qquad (10)$$

de unde se poate determina valoarea

$$\Delta l_g = \frac{4G_m}{c_s \pi d^2 \gamma_f}. \qquad (11)$$

respectiv

$$l_g = \Delta l_g + l_{g_1}. \qquad (12)$$

Pentru facilitarea urmăririi operației de umplere a coloanei, este necesară construirea, la scară și pe hîrtie milimetrică (fig. 2), a graficului $l_g = f(L)$; de asemenea, periodic, este obligatorie urmărirea variației în timp a greutății specifice a fluidului de foraj — dacă acesta nu a fost bine condiționat înainte de tubare sau are proprietăți tixotropice necorespunzătoare (nu menține în suspensie bentonita sau alte materiale) micșorarea acestora poate determina deplasarea descendentă — la valori mai mari ale lui $l_g$. Dacă se produce completarea fluidului din spațiul inelar al coloanei cu unul cu greutate specifică mai mare (eventual, preluat fără agitare dintr-o habă în care acesta s-a decantat) este posibilă deplasarea ascendentă a coloanei de asemenea nedorită.

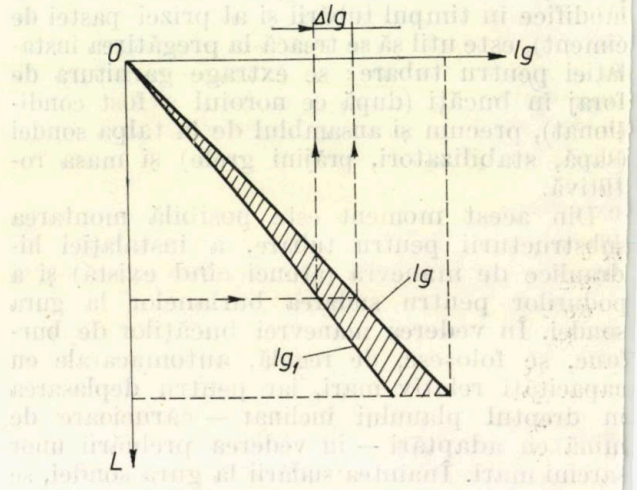


Fig. 2

Este evident că întregul proces de manevră prin plutire este posibil în cazul cînd valva de la șiul coloanei funcționează în bune condiții. Acceptînd ipoteza că forța de plutire $G$ acționează pe peretele exterior al valvei, rezultă că presiunea asupra acestuia

$$p_1 = \frac{G_p - G_f}{\frac{\pi}{4} D_1^2} = \frac{4(G_p - G_f)}{\pi D_1^2}, \qquad (13)$$

în care $D_1$ reprezintă diametrul maxim al valvei.

La contactul cu șiul (sau cu scaunul (fig. 1) în funcție de construcție), presiunea de contact

$$p_2 = \frac{G_p - G_f}{\frac{\pi}{4}(D_1^2 - d_1^2)} = \frac{4(G_p - G_f)}{\pi(D_1^2 - d_1^2)} \qquad (14)$$

și, evident, pentru un același diametru $D$ $p_2 > p_1$; în funcție de $p_2$ se poate alege mat

rialul din care se confecţionează valva şi scaunul acesteia : dacă se acceptă acelaşi coeficient de siguranţă $c_s$, atunci pentru material este suficient un oţel cu $\sigma_{c\,min} = c_s p_2$, valoare acoperitoare şi pentru $p_1$. Deoarece interiorul şi exteriorul coloanei pot fi puse în legătură pentru valoarea $l_g = 0$, rezultă că dimensionarea valvei este posibilă la presiunea diferenţială $p_d = p_e - p_i$, valabilă pentru $\Delta l_g \neq 0$ ($p_e$ şi $p_i$ reprezintă presiunea hidrostatică exterioară, respectiv interioară). Dacă se ţine seama şi de presiunea hidrodinamică, atunci $p_e = p_{he} + p_{hd}$, în care $p_{he}$ reprezintă presiunea hidrostatică exterioară, iar $p_{hd}$ — presiunea hidrodinamică provenită din deplasarea ascendentă a lichidului dezlocuit prin introducerea coloanei.

Pentru calculul valorii $p_{hd}$ există în prezent mai multe metode care au în vedere stabilirea cît mai exactă a debitului de lichid dezlocuit, respectiv a vitezei ascensionale a acestuia.

Una din metode, comentată şi analizată în detaliu [2], presupune distribuţia liniilor de curent ascendent după schematizarea din figura 3 *a*, din care se observă că debitul total al lichidului dezlocuit,

$$Q_{l_1} = 2\pi \int_{R_1}^{r_1} r\,dr\,v_1 + 2\pi \int_{r_1}^{r_2} r\,dr\,v_2 + 2\pi \int_{r_2}^{R_2} r\,dr\,v_3, \qquad (15)$$

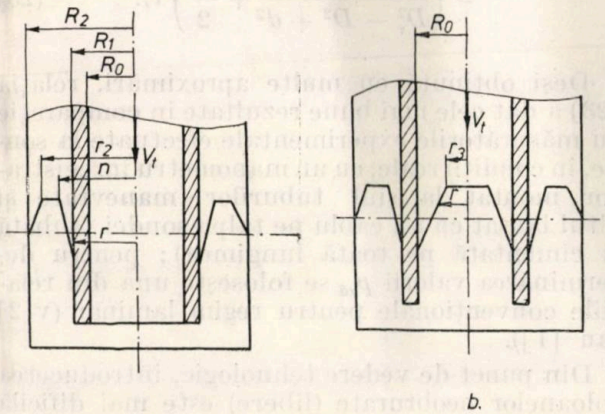



Fig. 3

în care $R_1$, $r_1$, $r_2$ şi $R_2$ rezultă din figura 3, iar $v_1$, $v_2$ şi $v_3$ sînt vitezele curentului de lichid corespunzătoare domeniilor ($R_1 \ldots r_1$), ($r_1 \ldots r_2$) şi ($r_2 \ldots R_2$), atunci cînd materialul tubular are o viteză descendentă cunoscută $v_t$. Limitele de integrare sînt greu de aproximat, iar calculul vitezelor este, de asemenea, dificil. Mai mult, metoda este limitată la valori mici ale razelor $R_1$ şi $R_2$ (pînă la 12 ... 14 in) valori total neconvenabile pentru cazurile luate în discuţie.

Cu valoarea $Q_l$ stabilită se poate scrie însă ecuaţia de continuitate

$$Q_{l_1} = A_{sl} v_l = A_c v_t, \qquad (16)$$

în care :

$v_l$, $v_t$ reprezintă viteza lichidului dezlocuit, respectiv a coloanei :

$A_{sl}$, $A_c$ — aria secţiunii transversale a spaţiului inelar, respectiv a exteriorului coloanei.

Din relaţia (16) se determină

$$v_l = \frac{A_c}{A_{sl}} v_t, \text{ sau } v_l = \frac{Q_{l_1}}{A_{sl}}. \qquad (17)$$

Pentru tuburi libere, neobturate (fig. 3 *b*), debitul de lichid dezlocuit

$$Q_{l_2} = Q_{l_1} + 2{,}2\pi \int_{r_3}^{R_0} r\,dr\,v_4 + 2{,}2\pi \int_0^{r_3} r\,dr\,v_5, \qquad (18)$$

relaţie în care $v_4$ şi $v_5$ intervin ca necunoscute, iar sistemul format se rezolvă greoi.

Pentru aceeaşi problemă, în lucrarea [3] s-au propus următoarele relaţii de calcul : în cazul coloanelor cu valvă (obturate), viteza lichidului dezlocuit

$$v_l = \frac{D_2^2 + D_1 D_2 + D_1^2}{3(D_2^2 - D_1^2)} v_t; \qquad (19)$$

pentru coloane libere, se presupune că pierderea de presiune (prin circulaţia lichidului dezlocuit) de la interior trebuie să fie egală cu cea de la exterior, iar vitezele medii efective sînt date de următoarele relaţii : pentru interiorul tuburilor,

$$v_i = \frac{\beta}{1+\beta} \frac{D_2^2 + D_1 D_2 + D_1^2}{3D_0^2} v_t, \qquad (20)$$

iar pentru lichidul din exterior,

$$v_e = \frac{1}{1+\beta} \frac{D_2^2 + D_1 D_2 + D_1^2}{3 + (D_2^2 - D_1^2)} v_t, \qquad (21)$$

în care $D_0$, $D_1$ şi $D_2$ reprezintă diametrele corespunzătoare razelor $R_0$, $R_1$ şi $R_2$, iar $\beta$ se calculează pentru fiecare caz concret în funcţie de coeficienţii căderilor de presiune, diametrele şi lungimile luate în considerare; cum însă coeficienţii căderilor de presiune sînt în funcţie de vitezele de curgere ale fluidului dezlocuit $v_e$ şi $v_i$, metoda presupune rezolvarea prin încercări. De asemenea se apreciază că, valoric, suprapresiunea survenită din curgerea ascendentă a lichidului este egală cu depresiunea provocată de deplasarea ascendentă a tuburilor pentru aceleaşi condiţii de manevră.

Incontestabil, ambele metode și în special ultima dau posibilitatea stabilirii vitezei curentului ascendent, respectiv a presiunii hidrodinamice în condiții exacte; deoarece însă manevra materialului tubular se face în găuri de sondă pentru care cunoașterea diametrului real, respectiv a coeficientului de neuniformitate, rămîne încă nerezolvată, se consideră că gradul de exactitate nu este afectat deosebit de mult în presupunerea că se determină o viteză medie a curentului ascensional de lichid [2; 4]. Pentru aceasta s-au făcut cîteva presupuneri ușor de acceptat dacă se ține seama de rezultatele obținute prin măsurători directe în condiții reale:

- astfel, se admite că într-o secțiune oarecare a coloanei cu diametru mare distribuția vitezei curentului de lichid dezlocuit se face după o parabolă al cărei maxim este la jumătatea distanței dintre peretele găurii de sondă și exteriorul coloanei;
- viteza lichidului dezlocuit fiind mai mare față de peretele coloanei decît al găurii de sondă, variația (de la maxim la zero) se acceptă liniară;
- cele două efecte se pot suprapune, iar în final se obține o viteză medie a curentului de lichid;
- suprapunerea efectelor, valabilă pentru spațiul inelar, se adoptă și pentru cazul că prin interiorul coloanei se dezlocuiește o cantitate de lichid (în cazul coloanelor libere).

Plecînd de la aceste premize cu notațiile din figura 4 se scrie ecuația de continuitate: debitul de lichid corespunzător exteriorului materialului tubular este egal cu debitul de lichid dezlocuit (fig. 4 *a*):

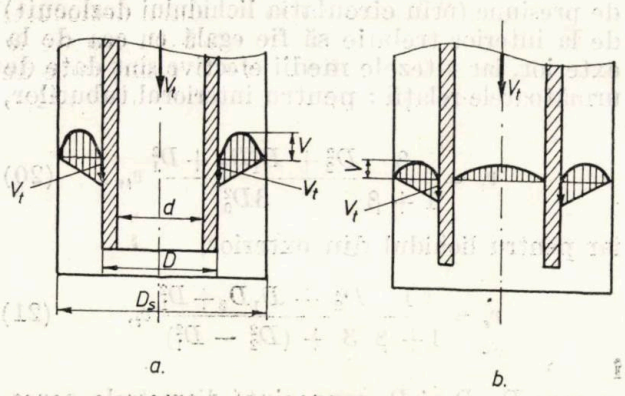



Fig. 4

$$\frac{\pi}{4} D^2 v_t = \frac{\pi}{4} (D_s^2 - D^2)\, v,$$

de unde rezultă

$$v = \frac{D^2}{D_s^2 - D^2} v_t.$$

Viteza medie calculată la jumătatea distanței dintre tuburile mobile și fixe

$$v_m = v + \frac{1}{2} v_t = \left( \frac{D^2}{D_s^2 - D^2} + \frac{1}{2} \right) v_t \quad (22)$$

în care $D$ și $D_s$ au semnificația din figurile 1 și 4.

Dacă tuburile sînt libere la partea inferioară — cazul cel mai frecvent atunci cînd se dispune de instalație specială pentru manevră — o parte din lichidul dezlocuit se va deplasa ascendent prin interiorul coloanei (fig. 4 *b*) și, păstrînd aceleași notații, rezultă

$$\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)\, v_t = \frac{\pi}{4} (D_s^2 - D^2)\, v + \frac{\pi}{4} d^2 v,$$

de unde rezultă

$$v = \frac{D^2 - d^2}{D_s^2 - d^2 + d^2} v_t,$$

iar prin analogie (valabilă mai ales în presupunerea că aria secțiunii transversale a spațiului inelar este egală cu cea a interiorului coloanei) se obține

$$v_m = \frac{D^2 - d^2}{D_s^2 - D^2 + d^2} v_t + \frac{1}{2} v_t =$$

$$= \left( \frac{D^2 - d^2}{D_s^2 - D^2 + d^2} + \frac{1}{2} \right) v_t. \quad (23)$$

Deși obținută cu multe aproximări, relația (23) a dat cele mai bune rezultate în comparație cu măsurătorile experimentale efectuate la sonde, în condiții reale, cu un manometru înregistrator montat la șiul tuburilor manevrate și altul lansat cu un cablu pe talpa sondei (tubată și cimentată pe toată lungimea); pentru determinarea valorii $p_{rd}$ se folosește una din relațiile convenționale pentru regim laminar (v[2] sau [1]).

Din punct de vedere tehnologic, introducerea coloanelor neobturate (libere) este mai dificilă deoarece trebuie montate elementele unui sistem suplimentar de manevră cu cric hidraulic (denumire poate improprie), proiectat și realizat în România. Pe podul de lucru *7*, fixat deasupra beciului, se montează sistemul orizontal de bacuri *6* acționat hidraulic de pistoanele *9*, precum și sistemul propriu-zis de manevră constituit din patru cilindri *8* ale căror pistoane sînt în legătură cu bacurile *4*, care se fixează sub cintrele *2* ale coloanei *1* (fig. 5). În presupunerea că se solicită coborîrea coloanei pe distanța dintre două cintre consecutive, se acceptă că toată greutatea coloanei este preluată de bacurile *4*; în acest moment este posibilă re-

tragerea bacurilor orizontale *6* astfel încît prin acestea să poată trece cintrele (pentru retragerea bacurilor orizontale este de dorit să se facă mai întii o deplasare ascendentă a coloanei pe o înălţime de cîţiva milimetri).

Presiunea necesară deplasării pistoanelor

$$p_1 = i \frac{F_f}{A_1}, \qquad (24)$$

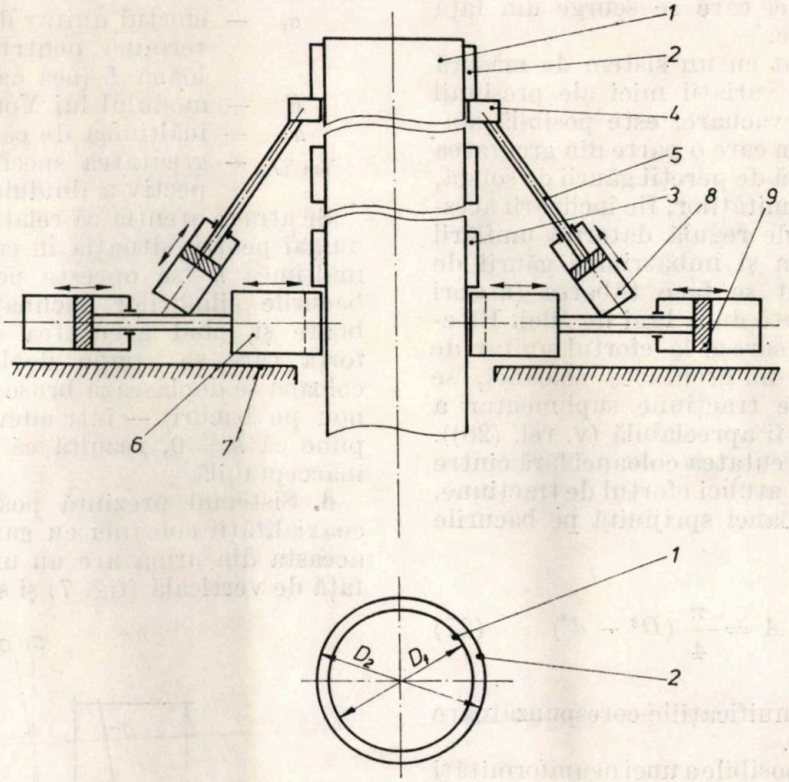






Fig. 5

respectiv

$$A_1 = \frac{\pi}{4}(D_p^2 - d_t^2), \qquad (25)$$

în care :

$i$ reprezintă numărul de pistoane (egal cu cel al bacurilor orizontale);

$F_f$ — suma forţelor de frecare corespunzătoare unui piston şi unui bac (stabilită prin încercări prealabile);

$D_p$, $d_t$ — diametrul pistoanelor orizontale, respectiv al tijelor pentru acţionarea bacurilor.

Pentru a nu se produce strivirea pe suprafaţa de contact dintre cintră şi bacurile orizontale, acceptînd acelaşi coeficient de siguranţă $c_s$, este necesar să fie îndeplinită condiţia

$$\frac{G_c}{A_c} > \sigma_{str} \quad \text{respectiv} \quad \frac{C_c}{A_c} = \frac{\sigma_{str}}{c_s}, \qquad (26)$$

în care :

$G_c$ este forţa provenită din greutatea coloanei (relaţiile (2) sau (2'));

$A_c$ — aria secţiunii de contact dintre bacurile orizontale şi cintră :

$$A_c = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2);$$

$\sigma_{str}$ — rezistenţa la strivire a materialului cintrelor sau bacurilor (dacă acestea sînt diferite se ia valoarea cea mai mică);

$D_1$ şi $D_2$ — rezultă din figura 5.

Pentru evitarea deteriorării coloanei, este de dorit ca în afara presiunilor de lucru pentru pistoanele orizontale să fie limitată deplasarea orizontală a bacurilor — aceasta trebuie făcută cu un opritor-limitator de cursă a cărui corectă funcţionare trebuie urmărită în permanenţă.

După retragerea bacurilor orizontale de sub cintra *3* este posibilă coborîrea coloanei a cărei viteză descendentă este controlabilă cu ajutorul sistemului de cilindri *8*, respectiv prin scurgerea presiunii din faţa pistoanelor; cursa maximă a acestora, corelată cu distanţa dintre cintre, determină lungimea pe care se face coborîrea coloanei. Condiţia de rezistenţă (26) este valabilă şi pentru bacurile *4*, cu observaţia că în cazul unei poziţionări înclinate a tijelor *5*, trebuie făcută stabilizarea şi sprijinirea cilindrilor *8*.

Sistemul de manevră cu acționare hidraulică prezintă mai multe avantaje.

**a.** În primul rînd permite manevra de introducere a unor coloane cu diametre mari, respectiv cu mase mari, în condiții de perfectă securitate; în anumite cazuri poate realiza extragerea coloanei pe lungimea dorită.

**b.** Viteza de manevră se reglează în funcție de necesități — pentru introducere, această operație este mai facilă deoarece presupune reglarea debitului de ulei care se scurge din fața pistoanelor înclinate.

**c.** Dacă este dotat cu un sistem de măsură adecvat, sensibil la variații mici ale presiunii din conductele de evacuare, este posibilă stabilirea momentelor în care o parte din greutatea coloanei este preluată de pereții găurii de sondă, fie datorită neuniformităților, fie înclinării acesteia. Primele apar de regulă datorită umflării unor marne, precum și îmbătrînirii găurii de sondă în timpul cît se face tubarea (uneori această operație poate dura luni de zile). Efectul este deosebit deoarece la efortul unitar de tracțiune, provenit din greutatea coloanei, se adaugă un efort de tracțiune suplimentar a cărui valoare poate fi apreciabilă (v. rel. (28)).

Dacă se acceptă greutatea coloanei fără cintre (2) sau cu cintre (2′), atunci efortul de tracțiune, maxim, în zona coloanei sprijinită pe bacurile *4* sau *6*

$$\sigma_t = \frac{G_c}{A}, \qquad A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \tag{27}$$

în care $D$ și $d$ au semnificațiile corespunzătoare relațiilor (2) sau (2′).

Datorită apariției posibile a unei neuniformități a găurii de sondă, o parte din greutatea coloanei este preluată de aceasta (în figura 6 este diferența de efort unitar ($\sigma_t - \sigma_{t_1}$)), iar în materialul tubular apare un efort unitar de compresiune $\sigma_c$; dacă însă coloana „scapă" (eforu-l unitar $\sigma_c$ crește progresiv dar simultan cu scăderea lui $\sigma_t$ — evident făcînd abstracție de alte frecări), șocul datorat căderii determină apariția unui efort de tracțiune

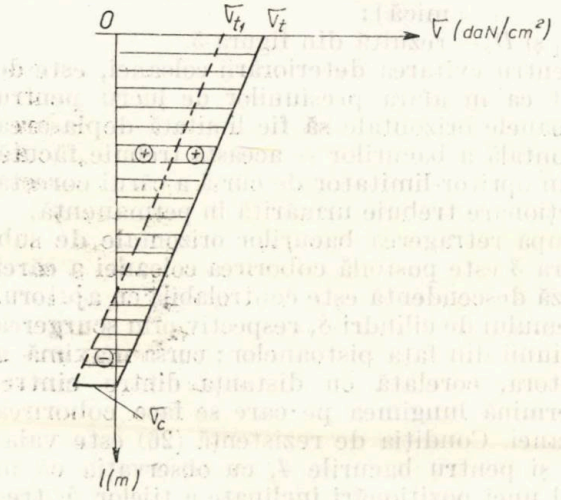


Fig. 6

$$\sigma_{ts} = \sigma_t\left[1 + \sqrt{1 + \frac{6Eh}{(\gamma_0 - \gamma_f)L}}\right] \tag{28}$$

în care:

$\sigma_t$ — efortul unitar de tracțiune — se determină pentru o lungime de coloană $L$ (cea care se manevrează);
$E$ — modulul lui Young;
$h$ — înălțimea de cădere a coloanei;
$\gamma_0, \gamma_f$ — greutatea specifică a oțelului, respectiv a fluidului de foraj.

Se atrage atenția că relația (28) are sens fizic numai pentru situația în care coloana cade pe înălțimea $h$ (se oprește pe o neuniformitate, bacurile cilindrilor înclinați continuă să coboare și, cînd greutatea sprijinită depășește forța care se opune deplasării descendente, coloana se deplasează brusc pînă se sprijină din nou pe bacuri) — într-adevăr, dacă se presupune că $h = 0$, rezultă că $\sigma_{ts} = 2\,\sigma_t$, valoare inacceptabilă.

**d.** Sistemul prezintă posibilitatea verificării coaxialității coloanei cu gaura de sondă. Dacă aceasta din urmă are un unghi de înclinare $\alpha$ față de verticală (fig. 7) și se presupune că șiul

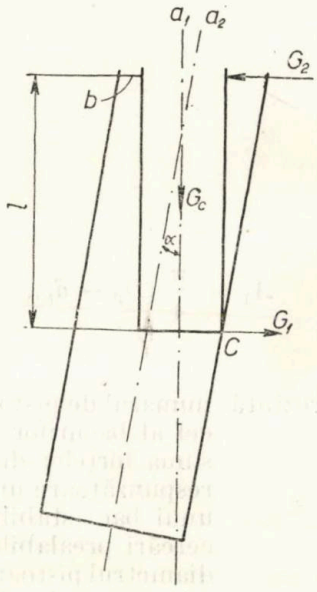


Fig. 7

și primele cintre transmit o parte din greutatea coloanei $G_c$ pereților găurii de sondă, rezultă că în punctul (zona) de contact apare o componentă $G_1 = G_c \operatorname{tg} \alpha$; pentru deplasarea coloanei prin alunecare în jos, bacurile orizontale trebuie să asigure ghidarea coloanei și pentru aceasta, noua lor axă de simetrie va fi $a_2$. Încercarea de

păstrare în poziție verticală a coloanei presupune inducerea în bacul orizontal din dreapta a forței $G_2 = 1{,}2\,G_1$; operația este posibilă numai pentru unghiuri de deviere a căror valoare presupune umplerea completă a jocului $b$. Din acest moment cu două puncte (zone) de contact (la suprafață și la adîncimea $l$), datorită rigidității mari a coloanei, este posibil să nu se mai producă avansarea (introducerea acesteia).

Acceptarea soluției de a introduce coloana lipită pe toată lungimea, presupune deteriorarea exteriorului (cintre, țevi de cimentare), solicitare mare la compresiune (provenită din componenta greutății proprii) și un inel din ciment cu grosime neuniformă (v. și [1]); toate acestea trebuie să determine mare prudență la proiectarea și forarea găurii de sondă cînd, deliberat, trebuie acceptate valori mari ale rației spațiului inelar, precum și unghiuri de deviere cît mai mici, astfel încît tubarea coloanei pe toată lungimea $L$ să nu presupună puncte de contact ale acesteia cu pereții găurii de sondă.

**Bibliografie**


[1] Iordache, G. *Elemente pentru calculul și tehnologia cimentării coloanelor cu diametre mari.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 3, 1982.

[2] Iordache, G. *Presiunile suplimentare care apar în procesul de foraj.* București, CDIChP, 1968.

[3] Iordache, C., Macovei, N. *Forarea sondelor — probleme.* București, Ed. tehnică, 1974.

[4] Iordache, G. *Măsurarea presiunilor hidrodinamice care apar la introducerea materialului tubular în gaura de sondă.* Petrol și Gaze, nr. 9, 1967.

[5] McGray, A. W., Cole, F. W. *Oil Well Drilling Technology.* University of Oklahoma Press, 1967.

[6] Sarkisov, G. M. *Rasceti burilnih i obsadnih kolonn.* Moskva, Nedra, 1971.


# Combaterea viiturilor de nisip folosind metoda I.P.G. în cadrul Schelei Videle


Conf. dr. ing. **C. Gh. Popa**
prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

ing. **Gh. Popa**
ing. **M. Alexandrescu**
Schela de extracție Videle


## Introducere

Într-o lucrare anterioară [1] s-au prezentat rezultatele experimentelor de laborator privind punerea în aplicare a metodei I.P.G. de prevenire și combatere a viiturilor de nisip care face obiectul unui brevet de invenție [2].

În lucrarea de față prezentăm rezultatele experimentelor de șantier executate în cadrul Schelei Videle, privind combaterea viiturilor de nisip utilizînd metoda I.P.G., rezultate care permite să se tragă concluzii foarte importante în aplicarea pe mai departe a metodei la scară industrială.

## Metoda I.P.G. de prevenire și combatere a viiturilor de nisip

Pentru prevenirea și combaterea viiturilor de nisip este necesară crearea, la nivelul formațiunii productive, a unei zone stabile de filtrare. Studiul efectuat [1] a arătat că, în special în cazul nisipurilor de tip pelitic, metodele clasice de prevenire și combatere a viiturilor de nisip nu conduc la rezultate satisfăcătoare. Pentru aceste tipuri de nisipuri trebuie construite filtre stabile în adîncimea formațiunii productive pe o rază destul de mare pe care vitezele de filtrare a fluidelor din strat în gaura de sondă să nu mai conducă la deranjarea echilibrului pseudostabil al particulelor de nisip. Pentru crearea acestei zone de filtru în strat a intrat în practica curentă metoda de introducere în stratul productiv a unei cantități de nisip de granulație 1—2 mm. Acest nisip va crea o zonă de filtru pseudostabilă cu proprietăți superioare de filtrare în jurul găurii de sondă, pe o rază stabilită pe baza proprietăților fluidelor din strat.

Condițiile de operare din șantier conduc însă adesea, în procesul de exploatare, la șocuri hidraulice care dereglează și acest echilibru nou creat.

Pentru stabilizarea acestei zone de filtru, creată de nisipul injectat, a apărut ideea consolidării acestuia cu rășini. Dificultățile de operare a acestei metode nu au condus însă la rezolvarea problemei viiturilor de nisip.

Metoda I.P.G. de prevenire și combatere a viiturilor de nisip îmbină avantajele oferite de metoda injecției de nisip în strat cu avantajele preconizate de metoda de consolidare cu mase plastice. Metoda constă în injectarea, în formațiunea productivă, a unui nisip cuarțos pînă la obținerea compactării, urmată de injectarea în strat a unui țiței vîscos de tipul nafteno-aromatic și cocsarea acestuia în jurul sondei, în vederea consolidării particulelor de nisip printr-un proces de combustie incompletă. Metoda mai are astfel la bază procesul deja cunoscut de cocsare a stratelor care apare uneori ca efect secundar în urma unui proces de combustie subterană.

Acest efect este pus însă în metoda I.P.G. sub control prin faptul că cocsarea are loc în zona în care a avut loc injecția de nisip cuarțos, deci mediul poros are o compoziție chimică adecvată. Se va evita deci fenomenul de compactare și pierdere a permeabilității stratului apărut în procesul de combustie subterană, ca efect secundar, ca urmare a unei compoziții

minerologice neadecvate a stratului. Pe de altă parte, ţiţeiul injectat în formaţiunea productivă din jurul sondei are o calitate specială, fiind de tipul nafteno-aromatic, deci bogat în răşini şi asfaltene. Consolidarea nisipului se face prin cocsarea acestuia în jurul particulelor de nisip printr-un proces de combustie subterană incompletă, menţinîndu-se la nivelul stratului productiv o temperatură de cocsare de 225—275°C. Prin menţinerea acestei temperaturi, ţiţeiul distilă, iar compuşii grei cocsează în jurul particulelor de nisip, conducînd la realizarea unei zone consolidate în jurul găurii de sondă.

Distilatul, împreună cu gazele rezultate din procesul de combustie, contribuie la asigurarea unei permeabilităţi ridicate a acestei zone, eliminînd astfel unul din principalele dezavantaje prezentate de consolidarea cu răşini şi anume pierderea totală sau parţială a permeabilităţii stratului. În plus, printr-o conducere adecvată a procesului se poate controla raza zonei consolidate.

Procesul de prevenire şi combatere a viiturilor de nisip, conform metodei I.P.G., are astfel avantajul, faţă de celelalte procedee cunoscute, că permite crearea unei zone stabile în jurul găurii de sondă, de o permeabilitate foarte ridicată.

De asemenea, metoda poate fi aplicată indiferent de natura mediului fluid şi a celui solid în strat, folosindu-se materiale uşor de procurat în condiţii de şantier. Totodată, o conducere adecvată a procesului permite efectuarea consolidării în strat pe o rază dorită.

*Experimentul de la sonda 1 218 Bălăria*

Sonda 1 218 se află amplasată pe structura Bălăria, exploatînd nisipul Sarmaţian 3 c + bazal caracterizat de o granulometrie de tip pelitic spre psamitic. Grosimea totală a stratului este de circa 20 m, iar deschiderea perforaturilor de 13 m (612—599 m). Porozitatea efectivă a mediului este de 31 %, iar saturaţia în apă interstiţială de 34 %. Ţiţeiul, cu o greutate specifică de 0,94 t/m$^3$, are o presiune de saturaţie de 10 atm. La această presiune raţia de soluţie este de 4 Nm$^3$/m$^3$, iar factorul micşorării de volum este 1,04. Temperatura de zăcămînt este 45—48°C, iar presiunea iniţială de zăcămînt avea valoarea de 58—64 at. La presiunea de saturaţie şi temperatura de zăcămînt vîscozitatea dinamică a ţiţeiului este de 120 cP.

În sonda 1 218 au început să apară viituri de nisip în octombrie 1978, provocînd dificultăţi în exploatare, care s-au agravat în timp. În noiembrie 1979 s-a trecut la combaterea viiturilor de nisip, folosind metoda I.P.G. Pentru executarea operaţiei de consolidare la sondă, s-a executat o spălare şi o curăţire a perforaturilor. De menţionat că spălarea s-a făcut cu circulaţie pierdută. Odată deblocate perforaturile s-a trecut la operaţia de injecţie de nisip cuarţos în strat, folosindu-se ţiţei din zonă drept fluid de transport. Operaţia de introducere a nisipului a necesitat 80 m$^3$ ţiţei, presiunea maximă de injecţie fiind 150 at la tubing şi 100 at la coloană. S-au injectat 10 t nisip din care 7 t de granulaţie 0,75—1 mm şi 3 tone de granulaţie 1—2 mm.

Trebuie menţionat că volumul de nisip injectat a fost limitat de volumul de ţiţei folosit drept fluid de transport.

Ţiţeiul folosit a fost de tip nafteno-aromatic, astfel că după terminarea operaţiei de injecţie a nisipului în strat s-a închis sonda sub presiune pentru uniformizarea presiunii în strat şi evitarea revenirii nisipului în sondă. În acest timp s-a pregătit sonda pentru injecţia de aer, efectuîndu-se legături la tubing şi coloană. În continuare s-a injectat aer timp de 2 zile la un debit de 5 000 Nm$^3$/zi şi o presiune de 10 atm. După executarea operaţiei de iniţiere a combustiei s-a continuat injecţia de aer la un debit de 10 000 Nm$^3$/zi.

Analiza gazelor extrase din sondele apropiate a confirmat existenţa procesului de combustie la nivelul sondei 1 218.

Injecţia de aer a continuat o perioadă de 7 zile, iar după o pauză de 3 zile sonda a fost pusă în producţie.

După punerea în producţie, sonda a produs o perioadă de timp cu un procent foarte mare de apă, sedimentul fiind însă de circa 0,1 %. Se consideră că apa produsă în această perioadă provine, atît din transformările chimice care au avut loc în procesul de cocsificare, cît şi datorită inversării umectabilităţii rocii colectoare din zona în care s-a depus cocsul. De asemenea, propagarea undei de căldură a condus la schimbarea saturaţiei în apă interstiţială din zona exterioară. Pe de altă parte, debitele mari de apă extrase la început se datoresc şi faptului că ţiţeiul folosit pentru transportul nisipului în strat nu a fost pur, iar la operaţia de spălare, executată anterior injectării nisipului în strat, pentru curăţirea perforaturilor, operaţie care a fost repetată de mai multe ori, nu s-a obţinut circulaţie la zi, injectîndu-se astfel în strat cantităţi mari de apă.

După circa două luni de producţie, sonda a revenit la debitul de ţiţei produs anterior înnisipării, cu tendinţă de reducere a procentului de impurităţi. În această perioadă a fost necesară executarea unei operaţii de curăţire cu freza cu clapă, evacuîndu-se din sondă circa 0,5 m$^3$ nisip, nisip provenit din imediata vecinătate a găurii de sondă, unde cocsul a fost ars. Dealtfel analiza granulometrică efectuată a arătat că nisipul evacuat provine din nisipul injectat în a doua parte a operaţiei de consolidare, avînd diametrul mediu de 1—2 mm.

Apariţia acestui nisip în sondă se explică şi prin faptul că imediat după punerea în producţie,

sonda a fost exploatată cu debite excesiv de mari (circa 50 m³/zi), fapt care a dereglat echilibrul nisipului încă mai puțin consolidat în unele zone.

Se consideră, de asemenea, că perioada de 7 zile afectată procesului de cocsificare prin combustie a fost subdimensionată prin adoptarea unor ipoteze mult prea simplificatoare.

Evoluția ulterioară a producției sondei 1 218 Bălăria permite însă să se considere că experimentul de combatere a viiturilor de nisip, folosind metoda I.P.G., a fost o operație reușită.

*Experimentul de la sonda 3 109 Videle*

Zăcămîntul Sa 3 c de la Videle are o grosime efectivă cuprinsă între 2 și 10 m. El se află sub zăcămîntul Sa 3(a+b) de care este izolat de o intercalație marnoasă de 2—12 m. Roca-magazin este formată din nisipuri calcaroase, neconsolidate, cu granulație fină spre medie. Nisipul este calcaros-marnos, cenușiu-gălbui, cu un conținut variabil de particule bentonitice și cu intercalații de marne cenușii sau gresii calcaroase. Porozitatea efectivă a stratului este 0,3, saturația în apă interstițială este 0,23, iar permeabilitatea absolută este de 1 500 MD.

Țițeiul, a cărui greutate specifică este de 0,94, are o vîscozitate dinamică de 66 cP la presiunea de saturație de 24 at și temperatura de zăcămînt de 54°C. Factorul de volum al țițeiului și rația de soluție în aceleași condiții sînt de 1,080, respectiv 6,3 Nm³/m³.

Sonda 3 109 de la Videle a traversat stratul productiv pe o grosime de circa 10 m, avînd perforaturi pe o lungime de 4 m (772—768 m). Datorită puternicilor viituri de nisip, această sondă practic nu a produs după punerea în producție, fiind afectată deseori programelor tehnologice. În 1977, s-a aplicat un proces de consolidare cu rășini care a avut însă o eficiență redusă. În aprilie 1980 s-a trecut la aplicarea metodei I.P.G. de combatere a viiturilor de nisip. La început s-a executat aceeași operație de curățire a perforaturilor prin spălare.

Operația s-a executat tot cu circulație pierdută, ceea ce a condus la renunțarea executării unei operații de receptivitate înainte de injectarea nisipurilor în strat. S-a trecut așadar la operația de consolidare, în care s-au folosit 6 t nisip cuarțos de granulație 1—1,5 mm. Pentru transportul nisipului în strat s-au folosit 60 t țițeiului din același zăcămînt. Presiunile de injecție au fost 100/120 at la tubing și 40/60 at la coloană. După terminarea injecției de nisip în strat, sonda s-a închis sub presiune, perioadă în care s-au executat legăturile la sondă, în vederea trecerii la injecția de aer necesar executării procesului de combustie incompletă. Injecția de aer anterioară procesului de aprindere s-a executat pe o perioadă de 8 zile la un debit de 10 000 Nm³/zi și presiuni de 20—40 at.

În continuare s-au injectat în stratul productiv circa 10 t țițeiului de tipul nafteno-aromatic. După executarea operației de inițiere a aprinderii, s-a continuat injecția de aer la un debit crescător de la 6 000 la 15 000 Nm³/zi, la presiuni de circa 20 at. Procesul de combustie s-a menținut o perioadă de 14 zile,iar după o pauză de 8 zile, sonda a fost pusă în producție. După executarea operației de consolidare, sonda a început să producă cu 5 t țițeiului pe zi cu un procent mediu de impurități de 40%. Așa cum era de așteptat, în prima perioadă de exploatare a apărut nisip în sondă provenit din imediata apropiere a găurii de sondă unde cocsul a fost ars.

Din păcate acest nisip nu a fost curățat cu freza cu clapă, ci prin spălare. Întrucît operația de spălare s-a executat cu circulație pierdută, acest nisip a fost reintrodus în strat, putînd oricînd să revină în gaura de sondă. În plus se consideră că prin reintroducerea acestui nisip în strat se accentuează pericolul deteriorării zonei de filtru, create în jurul găurii de sondă prin provocarea de fisuri artificiale de către nisipul forțat să reintre în strat. Evoluția ulterioară a sondei 3 109 Videle a arătat totuși eficiența metodei I.P.G. de combatere a viiturilor de nisip, permițînd în același timp punerea la punct a tehnologiei de aplicare a acestei metode la scară industrială.

## Concluzii

Singurele metode care conduc la prevenirea și combaterea viiturilor de nisip sînt cele prin care se creează o zonă stabilă în formațiunea productivă în jurul găurii de sondă. În acest scop este necesară injectarea în formațiunea productivă a unui nisip cuarțos de granulație adecvată și pe o rază suficient de mare, care să împiedice antrenarea particulelor de către fluidele care curg spre gaura de sondă. Experimentele efectuate au demonstrat necesitatea injectării de astfel de nisip pînă la obținerea compactării. În vederea stabilizării acestei zone pentru a rezista la eventualele șocuri hidraulice, este necesară consolidarea, care se poate face printr-un proces de combustie incompletă a unui țiței nafteno-aromatic, injectat după compactarea formațiunii cu nisip cuarțos, proces care asigură o permeabilitate ridicată a zonei din jurul găurii de sondă. Procesul de combustie incompletă trebuie dirijat cu atenție și executat pe o perioadă necesară obținerii unei zone stabilizate pe rază suficient de mare. Experimentele executate au demonstrat oportunitatea extinderii metodei I.P.G. la scară industrială.

### Bibliografie


[1] Popa, C. Gh,, Pârcălăbescu, I. D., Alexandrescu, M. *O nouă metodă de consolidare a stratelor.* Buletinul I.P.G. Ploiești, vol. 7 (XXVII), 1978, p. 5.

[2] Popa, C. Gh. ș.a. *Procedeu de prevenire și combatere a viiturilor de nisip.* Brevet invenție R.S.R. nr. 66390.

# Cercetarea proceselor de ardere prin organizarea unui program statistic de experimentări

Ing. N. I. Lupu și fiz. V. Calcatinge
Centrul de cercetări și proiectări pentru gaz metan Mediaș

## I. Generalități

Ca urmare a diversificării resurselor energetice, pentru inginerii care se ocupă cu combustia gazelor apar o serie de probleme legate de elaborarea soluțiilor pentru utilizarea unor amestecuri combustibile cu compoziție diferită de la zăcămînt la zăcămînt, precum și funcționarea în siguranță a aparatelor de ardere cu noii combustibili.

În multe cazuri se impune introducerea „din mers" a unor combustibili puțin cunoscuți din punctul de vedere al comportării la ardere, iar cercetătorul trebuie să renunțe la unele etape clasice de experimentare, care să-l conducă la găsirea condițiilor optime de operare cu noul combustibil.

În domeniul cercetării proceselor de ardere este mult răspîndită testarea unor arzătoare în laborator (pe un stand de probă anume construit) prin variația succesivă a cîte unei singure variabile. Se alege o anumită variabilă, care este variată pe un domeniu convenabil, celelalte variabile fiind menținute constante. Astfel se identifică un interval în care acțiunea acestei prime variabile este optimă. Se continuă cu varierea celei de-a doua variabile, prin menținerea primei variabile în domeniul optim, iar celelalte variabile, la valorile fixe inițiale. Se identifică intervalul optim pentru cea de-a doua variabilă. Procedeul este repetat pînă la găsirea intervalului optim de variație a fiecărei variabile, succesiv. Metoda necesită mult timp de experimentare și, contrar scopului urmărit, poate să nu recunoască optimul global, din cauza interacțiunii a două sau mai multe variabile.

Pe lîngă neajunsurile în sine ale acestui mod de cercetare, am fost confruntați cu adaptarea unor aparate de ardere, care să funcționeze cu gaze (a căror compoziție era diferită față de cea din STAS 3317), fără să dispunem în laborator de cantități apreciabile din acest combustibil, testarea chiar în instalații a arzătoarelor cu variații mici în jurul unei valori permise tehnologic.

În această situație s-a apelat la utilizarea unui program statistic de experimentări, cu două direcții de lucru : programarea experiențelor și analiza datelor experimentale.

## II. Programul de experimentări a arzătoarelor care să funcționeze cu gaze din zona Turnu — Arad

În continuare prezentăm testarea arzătoarelor radiante montate pe un tunel de uscare, care funcționează cu amestec gaz metan — gaz de Turnu, precum și etapele necesare aplicării unui program statistic de organizare a experiențelor [1].

1. *Formularea cît mai clară a problemei și a chestiunilor la care trebuie să răspundă programul experimental*

Prin înlocuirea gazului metan cu combustibili cu gaze de Turnu, se urmărește randamentul arderii $\eta_a$ și randamentul termotehnic al instalației $\eta_t$, acestea constituind răspunsurile la experimentările efectuate :

$$\eta_a = \frac{\%\ CO_2}{\%\ CO_2\ max + \%\ CO + \%\ CH_4 + \%\ H_2} \cdot 100 \quad (1)$$

$$\eta_t = \frac{\text{Căldura gazelor de ardere evacuate la coș}}{\text{Căldura chimică a combustibilului}} \quad (2)$$

2. *Trierea variabilelor*

● variabile independente:

— compoziția combustibilului (% gaz metan + % inert = 100 %);

— cifra de aer = $\frac{\text{aer de combustie utilizat real}}{\text{aer necesar stoichiometric}}$;

— temperatura gazelor arse la evacuarea din instalație,

● variabile dependente:

— randamentul arderii $\eta_a$;

— randamentul termotehnic $\eta_t$.

3. *Selecționarea intervalului de variație permis tehnologic și alegerea nivelurilor importante pentru evacuarea variabilelor*

— compoziția gazului combustibil ($x_1$ = % gaz metan) $92 < x_1 < 93$

— cifra de aer : $2{,}4 < x_2 < 2{,}6$

— temperatura gazelor de ardere, °C : $240 < x_3 < 260$

4. *Elaborarea matricei de experimentare pe baza programului* (factorial cu două niveluri) :

$a$ — numărul nivelurilor experimentale;

$k$ — numărul variabilelor;

$n$ — numărul experimentelor ($n = 8$).

Elementele matricei experimentale :

$$X = \{x_{ij}\} \quad \begin{matrix} i = 0,1 \ldots k \text{ coloane} \\ j = 1, 2 \ldots 2^k \text{ linii.} \end{matrix}$$

5. *Selecționarea dimensionalității modelului liniar, respectiv a numărului de variabile independente*

$x_1$ = % gaz metan în amestecul de combustibil;
$x_2$ = cifra de aer (adimensional);
$x_3$ = temperatura gazelor arse (°C).

6. *Fixarea centrului experimentării*

Centrul experimentului este situat în apropierea regiunii de optim, atît cît poate fi prevăzut înaintea executării programului.

$x_1 = 92{,}5\,\%$ $\quad x_2 = 2{,}5$ $\quad x_3 = 250°C$

7. *Fixarea intervalului de variație și codificarea valorii nivelului pe care le ia fiecare variabilă*

| | −1 (minim) | +1 (maxim) |
|---|---|---|
| $x_1$ | 92 | 93 |
| $x_2$ | 2,4 | 2,6 |
| $x_3$ | 240 | 260 |

Folosind intervalul de variație, fiecare variabilă poate lua două niveluri codificate: +1; −1.

8. *Elaborarea matricei de experimentare*

După ce s-au ales punctele experimentale (în intervalul de variație de la pct. 7) se obțin o mulțime de puncte discrete (numite niveluri experimentale), care formează un program experimental, sau matrice de programare, care se prezintă, pentru exemplul luat, în tabelul 1.

*Tabelul 1*

| $\eta_t$ | $\eta_a$ | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 81 | 41,6 | 1 | 92 | 2,4 | 260 |
| 79 | 41,5 | 1 | 93 | 2,4 | 260 |
| 78 | 41,4 | 1 | 92 | 2,6 | 260 |
| 79,5 | 41,3 | 1 | 93 | 2,6 | 260 |
| 80 | 41,8 | 1 | 92 | 2,4 | 240 |
| 80 | 41,7 | 1 | 93 | 2,4 | 240 |
| 79 | 41,6 | 1 | 92 | 2,6 | 240 |
| 79 | 41,5 | 1 | 93 | 2,6 | 240 |

9. *Executarea experiențelor specificate în program într-o ordine întîmplătoare*

Într-o strategie de experimentare se caută numărul minim de experiențe pentru care răspunsul să se adapteze mărimii erorii experimentale care apare în efectuarea observațiilor și complexității suprafeței de răspuns $k$ dimensionale. O cale sigură de localizare a condițiilor optime de funcționare a arzătorului (respectiv a întregului agregat) ca gaze cu conținut ridicat de inert ar constitui explorarea întregii regiuni experimentale.

Practic ar fi trebuit să se execute cercetări în punctele unei rețele suficient de dense care acoperă regiunea. Pentru o suprafață de răspuns de o anumită complexitate trebuie să existe o rețea de densitate minimă, care să ducă la rezultatul urmărit.

În continuare se va determina rețeaua de densitate minimă care permite reprezentarea suprafeței de răspuns cu o aproximație satisfăcătoare. În acest scop se presupune că în orice punct ($x_1$ ..... $x_k$) în spațiul variabilelor răspunsul poate fi reprezentat printr-o ecuație de regresie.

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{J=i+1}^{k} b_{ij} x_i x_j + \\ + \sum_{i=1}^{k} b_{ii} x_i^2 + ..... \varepsilon_i \qquad (3)$$

ai cărei coeficienți se determină din experimentările efectuate.

Aplicarea condiției de minimizare la matricea de experimentare conduce la sistemul de ecuații normale a căror formă generală este:

$$b_0 \sum_{i=1}^{n} x_{0i}^2 + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_{01} x_{12} + \ldots + b_k \sum x_{01} x_{ki} = \\ = \sum_{i=1}^{n} x_{01} yi$$

$$b_0 \sum_{i=1}^{n} x_{1i} x_{0i} + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_{1i}^2 + \ldots b_k \sum_{i=1}^{n} x_{1i} k_{ki} = \\ = \sum_{i=1}^{n} x_{1i} y_i$$

$$b_0 \sum_{i=1}^{n} x_{ki} x_{0i} + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_{ki} x_{1i} + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} x_{ki}^2 = \\ = \Sigma x_{ki} y_i \qquad (4)$$

Introducînd matricea de experimentare $X$, vectorul coloană al observațiilor $Y$ și vectorul coloană al coeficienților $b$ se obține:

$$X = \begin{Bmatrix} 1 & 92 & 2{,}4 & 260 \\ 1 & 93 & 2{,}4 & 260 \\ 1 & 92 & 2{,}6 & 260 \\ 1 & 93 & 2{,}6 & 260 \\ 1 & 92 & 2{,}4 & 240 \\ 1 & 93 & 2{,}4 & 240 \\ 1 & 92 & 2{,}6 & 240 \\ 1 & 93 & 2{,}6 & 240 \end{Bmatrix}; \quad Y_i = \begin{Bmatrix} 81 \\ 79 \\ 78 \\ 79{,}5 \\ 80 \\ 80 \\ 79 \\ 79 \end{Bmatrix};$$

$$Ya = \begin{Bmatrix} 41{,}6 \\ 41{,}5 \\ 41{,}4 \\ 41{,}3 \\ 41{,}8 \\ 41{,}7 \\ 41{,}6 \\ 41{,}5 \end{Bmatrix}; \quad b = \begin{Bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{Bmatrix} \qquad (5)$$

Prin calcularea transformatei $X^T$ și produsul $X^TX$ se obține:

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix};$$

$$X^TX = \begin{bmatrix} 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8 \end{bmatrix} = Z \qquad (6)$$

$$Z^{-1} = \frac{Z^*}{det\,(Z)}; \quad Z^* =$$

$$= \begin{bmatrix} 8^3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8^3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8^3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8^3 \end{bmatrix} \left\{ \begin{matrix} \frac{1}{8} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{8} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{8} \end{matrix} \right\} =$$

$$= (X^TX)^{-1} \qquad (7)$$

Pentru răspunsul „randamentul arderii"

$$X^T \cdot Y = \begin{bmatrix} 332{,}4 \\ -0{,}4 \\ -0{,}8 \\ 0{,}8 \end{bmatrix}; \quad (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y) =$$

$$= \begin{bmatrix} 41{,}55 \\ -0{,}05 \\ -0{,}1 \\ 0{,}1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \qquad (8)$$

iar ecuația de regresie pentru experimentul propus este:

$$y_a = 41{,}55 - 0{,}05\,x_1 - 0{,}1\,x_2 + 0{,}1\,x_3 \qquad (9)$$

Pentru răspunsul „randamentul termotehnic"

$$X^T \cdot Y = \begin{bmatrix} 635{,}5 \\ -0{,}5 \\ -4{,}5 \\ 0{,}5 \end{bmatrix}; \quad (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y) =$$

$$= \begin{bmatrix} 79{,}4375 \\ -0{,}0625 \\ -0{,}5625 \\ 9{,}0625 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \qquad (10)$$

și ecuația de regresie:

$$y_t = 79{,}4375 - 0{,}0625\,x_1 - 0{,}5625\,x_2 + 0{,}0625\,x_3 \qquad (11)$$

10. *Determinarea mărimii erorii experimentale*

**a.** Analiza dispersiei

După ce, utilizînd datele experimentale, s-au atribuit valori coeficienților polinomului de aproximare se recurge la un procedeu care verifică dacă valorile rezultate au fost influențate numai de variații întîmplătoare în determinările experimentale.

Pentru analiza dispersiei datelor experimentale se fac următoarele notații:

$s$ = abatere standard;
$\varepsilon_i$ = eroare din model
$y_i$ = valorile măsurate;
$\hat{y}$ = valori prezise de modelul (3);
$(y_i - \hat{y}_i)$ = reziduale;
$\bar{y}_i$ = valori medii pentru $\bar{y}_i$;
$(\hat{y}_i - \bar{y})$ = regresia;
$\sigma^2_{xy}$ = predicția dată de model:

$$\sigma^2_{xy} = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \ldots (x_n - \bar{x})^2}{n} \qquad (12)$$

$\sigma$ = dispersia

$$\Sigma(y_i - \bar{y})^2 = \Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2 + \Sigma(\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2 \qquad (13)$$

| suma pătratelor abaterilor față de medie ($SPam$) | suma pătratelor abaterilor observațiilor față de regresie reziduală ($SPrz$) | suma pătratelor abaterilor regresiei față de medie ($SPrg$) |
|---|---|---|

Se poate construi un tabel de analiză a dispersiei datelor experimentale (tab. 2), în care figurează și pătratul mediu ($PM$), raportul dintre suma pătratelor ($SP$) și numărul gradelor de libertate ($GL$).

*Tabelul 2*

| Sursa | $SP$ | $GL$ | $PM$ |
|---|---|---|---|
| Regresie | $(\hat{y}_i - \bar{y})^2 = b_1^2(x_i - \bar{x})^2$ | 1 | $SPrg$ |
| Rezidual | prin diferență | $n=2$ | $S = \frac{SPrz}{n-2}$ |
| Total (corectat în raport cu media) | $(y_i - \bar{y})^2 = y_i^2 - \frac{y_i^2}{n}$ | $n=1$ | |

Răspunsul experimental prezis de model și reziduale pentru exemplul luat devine :

● răspunsul „randamentul arderii" :

| Nr. exp. | $y_i$ | $\hat{y}_i$ | $y_1 - \hat{y}_i$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 41,6 | 41,6 | 0 |
| 2 | 41,5 | 41,5 | 0 |
| 3 | 41,4 | 41,4 | 0 |
| 4 | 41,3 | 41,3 | 0 |
| 5 | 41,8 | 41,8 | 0 |
| 6 | 41,7 | 41,7 | 0 |
| 7 | 41,6 | 41,6 | 0 |
| 8 | 41,5 | 41,5 | 0 |

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} = 41{,}55$$

$$SPam = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2 = 0{,}18$$

$$SPrz = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 = 0$$

$$SPrg = \sum_{i=1}^{n} (\hat{y} - \bar{y}_i)^2 = 0{,}18$$

● răspunsul „randamentul termotehnic"

| Nr. exp. | $y_i$ | $\hat{y}$ | $y_i - \hat{y}_i$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 81 | 80 | 1 |
| 2 | 79 | 79,875 | −0,875 |
| 3 | 78 | 78,875 | −0,875 |
| 4 | 79,5 | 78,75 | 0,75 |
| 5 | 80 | 80,125 | −0,125 |
| 6 | 80 | 80,00 | 0 |
| 7 | 79 | 79,00 | 0 |
| 8 | 79 | 78,875 | 0,125 |

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} = 79{,}4375$$

$$SPam = \sum_{1}^{n} (y_i - \bar{y}_i)^2 = 5{,}718$$

$$SPrz = \sum_{1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 = 3{,}125$$

$$SPrg = \Sigma(\hat{y}_i - \bar{y})^2 = 2{,}593$$

*b.* Testarea semnificațiilor coeficienților

Testele de semnificație sînt criterii pe baza cărora se verifică ipotezele privind reunificarea unui model selecționat sau a coeficienților.

Dispersia erorii experimentale reprezintă raportul între suma pătratelor reziduale ($SPrz$) și gradele de libertate ($GL$).

Întrucît în cazul răspunsului „randamentul arderii" $SPrz = 0$, dispersia erorii experimentale $S^2 = 0$.

Se știe că dispersia datorată erorii experimentale face valorile observate $y_i$ să devieze de la adevărata suprafață de răspuns și deoarece $SPrz = 0$ rezultă că $\sigma^2 = \frac{SPrz}{n-2} = 0$.

Rezultă că modelul reprezintă adecvat suprafața de răspuns, adică modelul rezultat aproximează suficient de bine modelul real, care ar putea fi obținut numai prin efectuarea unui număr infinit de experiențe.

Pentru răspunsul „randamentul termotehnic" dispersia erorii experimentale :

$$S^2 = \frac{SPrz}{GL} = \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{6} = 0{,}521$$

În tabelul 3, constituit pe baza calculelor arătate în [2], s-au obținut valorile coeficienților de regresie, din care, pentru simplificarea experimentului, s-au reținut numai factorii de ord. I, respectiv ecuația (3) devine :

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{3} b_i x_i \qquad (3')$$

*Tabelul 3*

| Coeficientul | Valoarea | $SP(bi) = bT(XT.Y)$ | $F_c$ | $F_T(1,6\ 1-\alpha)$ / $\alpha$ 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,05 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 3,78 | 1,99 | 8,81 | 13,7 |
| $b_0$ | 19,4325 | 50,482531 | 96,85 | | | | |
| $b_1$ | −0,0625 | 0,03125 | 0,0599 | | | | |
| $b_2$ | −0,5625 | 2,53125 | 4,858 | | | | |
| $b_3$ | 0,0625 | 0,03125 | 0,0599 | | | | |

Într-un astfel de experiment nu toate variabilele influențează cu aceeași tărie rezultatul. Pentru a vedea care variabile sînt esențiale, se efectuează testarea semnificației coeficienților. Testul de semnificație utilizat în această lucrare a fost testul $F$[2]. Se calculează pentru fiecare coeficient $F = \frac{SP(b_i)}{S^2}$. Dacă acest $F$, astfel calculat, depășește valoarea critică a distribuției statistice $F_T$, cunoscută și tabelată, atunci coeficientul respectiv are semnificație și trebuie reținut.

Testul $F$ constată, în acest caz, că nu există o diferență statistică semnificativă între dispersia coeficientului și dispersia erorii experimentale, deci corelația constatată prin calcul nu este întîmplătoare.

În cazul considerat rezultă că se reține doar coeficientul $b_2$, deci modelul rezultat este:

$$y = 79{,}4375 - 0{,}5625\, x_2,$$

model care descrie procesul cu o probabilitate de 90%.

11. *Interpretarea sensului tehnologic al rezultatelor analizei statistice*

Pentru analizarea funcționării unui agregat cu un alt combustibil decît cel recomandat în STAS 3317–67, s-a pornit de la situația existenței în sistemul de distribuție a unui amestec de 15% gaz cu conținut de inert ridicat (50% $CO_2$) și gaz metan. În aceste condiții una din variabilele independente a fost stabilită—concentrația de gaz metan din amestec. Celelalte variabile independente acceptate au fost: raportul dintre aerul folosit real pentru combustie și aerul teoretic necesar (cifra de aer) și temperatura gazelor de ardere, parametri care ne pot da o imagine asupra funcționării tunelului de uscare cu acest combustibil.

Intervalul de variație pentru concentrația de gaz metan a fost ales în funcție de amestecul livrat de distribuitor, iar pentru celelalte variabile intervalul se află în limitele tehnologice admise.

Randamentul arderii, calculat cu relația (1), a avut ca date primare în plus și compoziția chimică a gazelor evacuate din tunel: $CO_2 = 5\%$; $O_2 = 12{,}5\%$; $CO = 0{,}05\%$; $H_2 = 0{,}05\%$; $N_2 = 82{,}4\%$ (raportat la gaze uscate).

În cazul răspunsului „randamentul arderii" dispersia datorată erorilor experimentale este nulă; rezultă că modelul propus reprezintă adecvat suprafața de răspuns, iar pentru răspunsul „randamentul termotehnic" se reține doar coeficientul $b_2$ la o probabilitate de 90%.

## Concluzii

Prin aplicarea unui program statistic de experimentări la cercetarea proceselor de ardere, s-a încercat să se determine, atît performanțele arzătorului radiant, cît și a tunelului de uscare, prin utilizarea unui combustibil a cărui compoziție diferă față de cea recomandată în STAS.

Metoda poate fi aplicată și la cercetarea în laborator pe un stand de probă a aparatelor de ardere, urmărindu-se performanțele de funcționare, în raport și de parametrii constructivi ai acestora, metoda permițînd investigarea simultană a mai multor variabile.

### Bibliografie


[1] Mihail, R. *Introducere în strategia experimentării cu aplicații din tehnologia chimică*. Ed. științifică și enciclopedică, București, 1976.

[2] Văduva, I. *Analiza dispersională*. Ed. tehnică, București, 1970.

# Interpretarea rezultatelor obținute în urma cercetărilor chimice, termodinamice și hidrodinamice în regim staționar și nestaționar de curgere, efectuate la Tazlăul Mare

Ing. **M. Petre**
Centrul de cercetări și proiectări pentru gaz metan Mediaș

## . Considerații generale

nterpretarea și corelarea rezultatelor obți- e prin cromatografia gazelor, testele termo- mice și hidrodinamice în diferite regimuri rgere, prezintă importanță din punctul de re al comportării de fază a sistemelor de carburi și, implicit, pentru stabilirea tipu- zăcămînt.

le de la Tazlăul Mare grupează în are unități hidrodinamice distincte din de vedere fizico-chimic, anizotrope, atît rticală, cît și pe orizontală. Acumulările drocarburi sînt localizate în oligocen, res- v în complexele gresiei de Lucăcești, meni- e și disodilele inferioare și gresia de Kliwa e deține ponderea în volumul de rezerve. uidele au în compoziția lor circa 90% metan „trenă" de omologi superiori, semnificativă r pînă la peste $C_{10+}$, susceptibilă de a provoca o gamă largă de condiții (p, t) fenomene de portare retrogradă.

lucrare se analizează testele efectuate la dele de la Tazlăul Mare în perioada de ex- ție a gazelor între anii 1968—1982.

## I. Interpretarea analizelor cromatografice ale fluidelor produse de sonde

entru stabilirea compoziției chimice a flui- or antrenate de sonde, s-au efectuat analize matografice pe probe preluate de la capul de upție al sondelor, în diverse etape.

Comparînd aceste rezultate, se constată redu- rea în sistem a componenților superiori, în ncție de reducerea potențialului energetic al ăcămintelor.

Admițînd caracterul sistematic al erorilor ntru fiecare analiză chimică efectuată, obser- ția este strict calitativă.

Rezultatele cantitative nu reflectă compozi- a chimică a fluidelor în condiții de zăcămînt, latorită următoarelor fenomene:

- condensarea fluidelor pe țevile de extracție determină pierderea unor componenți superiori din sistem;
- detenta gazelor și reducerea temperaturii sistemului din condiții de zăcămînt, la limita parametrilor din instalațiile tehnologice de depozitare și transport a probelor sau de efectuare a cromatografiei fluidelor;
- modificarea gradului de detecție a aparaturii utilizate, în perioada analizată.

Variația compoziției chimice a sistemului este sugerată și de variația masei moleculare a condensatului și a greutății lui specifice.

În cazul zăcămintelor stratificate, variația componenților cu putere mare de difuzie pe parcursul extracției gazelor permite stabilirea caracterului „migrant" al acestor componenți și caracterul „secundar" al anomaliilor de presiune din complexele superficiale. Depistarea acestor fenomene presupune efectuarea sistematică de analize chimice și măsurători statice de presiune, pentru fiecare obiectiv de exploatare, pe întreaga perioadă de extracție a gazelor.

## III. Interpretarea diagramelor de stare a fluidelor produse de sonde

În trei etape distincte, s-au întocmit diagrame de stare în coordonate Clapeyron, prin intermediul laboratorului mobil, pe baza unui jet continuu, care curge din complexele grupate în exploatare, țevile de extracție și colectat din instalațiile tehnologice.

Aceste diagrame sînt aparent contradictorii din punctul de vedere al comportării sistemului în condiții de zăcămînt, deoarece temperaturile de cricondenterm scad în timp sub limita temperaturii de zăcămînt. Presiunile de cricondenbar rămîn la cote relativ ridicate și constante. Această evoluție este caracteristică sistemelor multicomponente cu compoziție variabilă.

Pentru prevederea comportării de fază a sistemelor multicomponente de hidrocarburi este necesară cunoașterea caracteristicilor de

comportare a acestor sisteme, respectiv variația compoziției chimice și cauzele acestei variații.

Diagramele de stare nu sînt concludente din punctul de vedere al comportării sistemului în condiții de zăcămînt, avînd în vedere următoarele aspecte :

- jetul continuu, preluat din afluxul principal produs de sondă, este rezultatul unui amestec de gaze, format în perforaturile sondelor din care se pierd componenții superiori pe țevile de extracție ;
- comportările de fază diferite și compozițiile distincte ale fiecărui complex grupat în exploatare determină variația compoziției amestecului de gaze din perforaturile sondelor.

Aceste fenomene sînt dictate de variația potențialului energetic al zăcămintelor, în funcție de potențialul chimic al componenților chimici prezenți în sistemul de hidrocarburi de la Tazlăul Mare.

Diagramele de stare întocmite prin intermediul laboratorului mobil reprezintă valori medii ale unor familii de curbe.

Medierea se datorește compoziției chimice diferite a gresiei de Kliwa și a complexelor inferioare, respectiv gresia de Lucăcești, menilitelor și disodilelor inferioare saturate cu componenți superiori.

## IV. Interpretarea cercetărilor hidrodinamice efectuate în regim staționar și nestaționar de curgere a fluidelor în zăcămînt

Interpretarea testelor izocronale și variația presiunii la închiderea sondelor în diferite regimuri de curgere au condus la stabilirea următoarelor particularități hidrodinamice a mediului porosfisurat în jurul găurilor de sondă :

- reducerea permeației complexelor inferioare, în special a gresiei de Lucăcești, menilitelor și disodilelor inferioare de la circa 20—30 la circa 4 mD ;
- în faza incipientă de extracție a ga sondele prezintă blocaje de circa +14, rită condensării retrograde a complexelor rioare și tendințelor de omogenizare a com lor cu compoziții chimice diferite ;
- reducerea potențialului energetic al z mintelor determină variații ale skin-efec ceea ce sugerează trecerea sistemului din d niul comportării retrograde în domeniul va rizării :
- apariția fazei lichide în zăcămînt pe cursul exploatării a determinat modifică ecuației de curgere a fluidelor în zăc respectiv variații ale coeficienților de re la curgere laminară și turbulentă.

### Concluzii

Corelarea informațiilor provenite c tările efectuate, cu cele care reies din de extracție, permite modelarea compo fază a fluidelor de la Tazlăul Mare și st tipului de zăcămînt din acest punct de

Problemele abordate au implicații eco în funcție de posibilitățile de degazolina fluidelor extrase din structura Tazlăul

### Bibliografie


[1] Creț u, I, *Hidraulica subterană*. Vol. I, Ed. București, 1956.

[2] Creț u, I. *Hidraulică generală și subterană*. E dactică și pedagogică, București, 1971.

[3] Soare, Al. *Hidraulică subterană*. I.P.G., 1974.

[4] Mattheis, P. E. *Practical Application of I rence Tests* SPE, 1963.

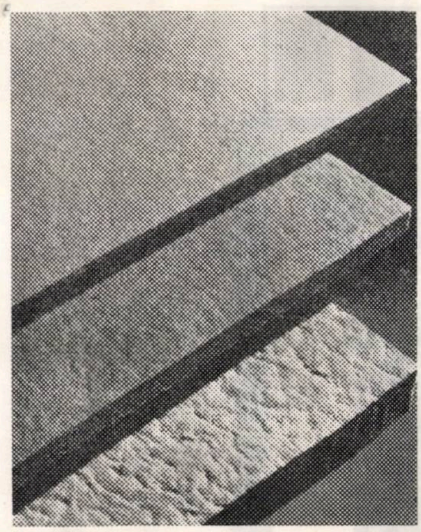
[5] Manolescu, G. *Fizica zăcămintelor de hidroc* Ed. didactică și pedagogică, București, 1964.

[6] Petre, M. *Studiu de exploatare, evaluare și fu tare a investițiilor din structura Tazlăul Mare.* C.C.P.G.M. Mediaș, 1982.

# Noi plăci izolante de fibre ceramice

*Izolatoare termice bune pentru temperaturi continue pînă la 1260°C*
*Uşoare — grosimi de la 2 la 25 mm*

...ndum Company Ltd. din St. Helens — Anglia a ... nou izolant uşor sub formă de plăci. Spre deosebire ... plăci de fibre ceramice, Fiberfrax Duraboard 1 200 ...fecţionat ca o foaie continuă în lăţime de pînă la ...n, lungimea fiind condiţionată numai de posibilitatea ...bulare a produsului finit.



Grosimea plăcii este de 2—25 mm, ceea ce nu se mai întîlneşte la plăcile existente în prezent

Grosimea şi densitatea se păstrează uniforme pe toată lăţimea plăcii.

Placa este compusă din fibre de silicat de aluminiu şi liant organic. Printre principalele caracteristici se menţionează: conductivitate termică scăzută, stabilitate la temperaturi înalte şi o rezistenţă excelentă la şoc termic. Modulul de rezistenţă la rupere ridicat, înainte şi după expunere la temperaturi de 1 260°C, conferă acestor plăci o bună rezistenţă la vibraţii, la solicitări mecanice sau la eroziuni intense.

Din punct de vedere chimic, placa este rezistentă la cei mai corozivi agenţi, la oxidări sau la reduceri. După udare cu apă, abur sau ulei, proprietăţile fizico-termice se restabilesc după uscare.

Plăcile cele mai subţiri sînt suficient de flexibile pentru aplicare pe suprafeţe curbe, de exemplu la cuptoare rotative, ca şi pentru garnituri şi racorduri la temperaturi înalte. Indiferent de grosime, sînt uşor de găurit, de decupat la maşină, iar greutatea lor redusă uşurează manipularea.

Aceste plăci pot fi utilizate pentru fabricarea a numeroase echipamente: şicane de temperaturi înalte, bucle termice, izolări şi racorduri pentru aparate casnice, suporţi de cărămizi refractare, materiale de turnătorie, racorduri de dilatare, canale de scurgere pentru metale topite, cuptoare şi conducte de gaze calde.

Press Information from EIBIS NS 2380

...a t ă

...articolul „Unele aspecte legate de transpunerea la sca...ai mare a parametrilor procesului de leşiere bacteriană" ...t în numărul 6 al revistei noastre, relaţiile (5), (6), ...i (13) au forma corectă:

$$q'_m = 6 \cdot a \cdot d^2 \cdot \gamma \cdot \frac{c}{100} \qquad (5)$$

$$Q'_{M(i)} = \frac{6 \cdot a}{d_i} G_T \cdot \frac{c}{100} \qquad (6)$$

$$Q_M = 6 \cdot a \cdot G_T \frac{c}{100^2} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i} x_i \qquad (7)$$

$$V = 6 \cdot v \cdot r \cdot a \frac{q_L}{Q'_M} \cdot \frac{c}{100^2} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i} x_i \qquad (13)$$

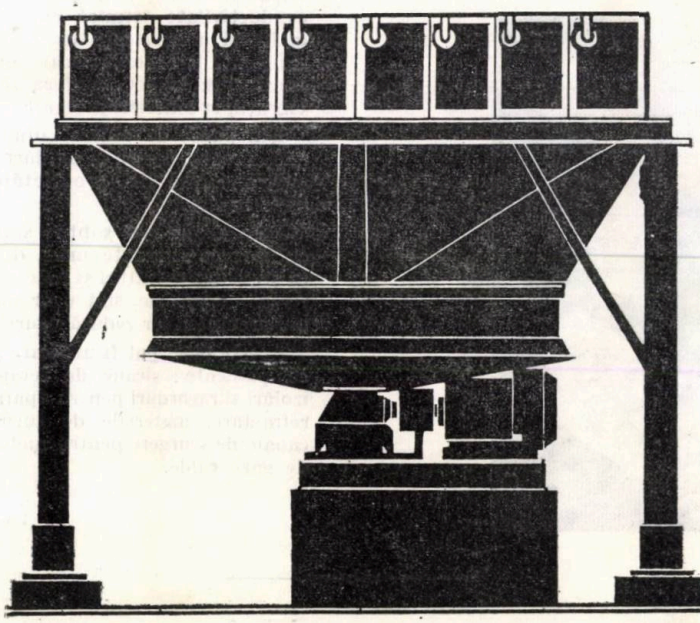
# RACITOARE CU AER

pentru instalaţii tehnologice în industriile: petrolieră petrochimică, chimică, a gazelor şi altele

— sînt instalate în aer liber;

— schema secţiunilor — verticală (tip AVG) şi în zig-zag (tip AVZ);

— sînt fabricate din ţevi de oţel-carbon, uşor aliat, aliat, rezistent la coroziune, cu un alezaj de 9; 14,6 şi 22.



**TECHMASHEXPORT**

Moscova 117330, Str. Mosfilmovskaia nr. 35,
telefon: 143-86-60; 143-87-51
Telex: 411068 TEHEX SU;
411228 TECEX SU.

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

* BAZĂ DE DATE CU TELETRANSMISIE SI TELEPRELUCRARE:

- bază de date pentru urmărirea producţiei, livrărilor cu colectarea datelor prin telex, interogare pe terminal sau transmiterea situaţiilor prin telex;
- bază de date pentru urmărirea producţiei, livrărilor etc. cu actualizare şi interogare zilnică pe terminale;
- bază de date pentru financiar-desfacere cu urmărirea contractelor de desfacere, gestiunea zilnică a livrărilor şi încasărilor (batch şi conversaţional) şi elaborarea automată a facturilor;
- bază de date pentru urmărirea stocurilor, rulajului pe stoc şi a cheltuielilor pe locuri de cheltuială.

* GESTIUNEA MATERIALELOR SI GESTIUNEA OBIECTELOR DE INVENTAR.
* URMARIREA APROVIZIONARII CU PIESE DE SCHIMB.
* DARE DE SEAMA STATISTICA APR.
* GESTIUNEA MIJLOACELOR FIXE.
* PLANIFICAREA AMORTIZARILOR.
* CONTABILITATEA MIJLOACELOR BANESTI SI A IMPRUMUTURILOR.
* URMARIREA PRETULUI DE COST.
* URMARIREA STOCULUI DE PRODUSE SI A BENEFICIULUI.
* URMARIREA FUNCTIONARII UTILAJELOR.
* URMARIREA TRANSPORTULUI AUTO.

**MINISTERUL MINELOR**

CENTRALA SARII SI NEMETALIFERELOR BUCURESTI

# CENTRUL DE CALCUL ELECTRONIC MINIER

# CEMIN

Str. HORIA nr. 78

**MINISTERUL MINELOR**

# întreprinderea de piese de schimb, reparații utilaje și echipamente electrotehnice miniere petroșani

**execută:**

1983 JAN 04

- REPARAREA SI INTRETINEREA DE INSTALATII, ECHIPAMENTE ELECTROTEHNICE SI UTILAJE MINIERE SI DE PREPARARE;
- FABRICAREA DE CONFECTII METALICE SI DE PIESE DE SCHIMB PENTRU REPARAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE ANTIGRIZUTOASE;
- REALIZEAZA MODELE SI PROTOTIPURI DE ECHIPAMENTE IN CONSTRUCTIE SPECIALA DE ELECTROSECURITATE IN VEDEREA ASIMILARII FABRICATIEI ACESTORA;
- FABRICA STILPI HIDRAULICI SI ACCESORII;
- EXECUTA LUCRARI DE INSTALATII IN EXPLOATARILE MINIERE PENTRU PROTECTII PRIN RELEE, AUTOMATIZARI SI MASURATORI;
- VERIFICA SI REPARA APARATE DE MASURA SI CONTROL LA ECHIPAMENTELE PENTRU CARE DETINE AUTORIZATIE;
- EXECUTA LUCRARI DE INVESTITII IN REGIE;
- ACORDA ASISTENTA TEHNICA PRIVIND MONTAREA SI DEMONTAREA UTILAJELOR DE REPARAT;
- PRESTARI DE SERVICII.

PETROSANI, str. LUNCA 115
jud. HUNEDOARA, cod 2675
tel. 44462, 43962

1943

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 33, decembrie 1982

12

MINISTERUL MINELOR

# combinatul minier cluj

PRODUCE SI LIVREAZĂ O GAMĂ SORTIMENTALĂ VARIATĂ DE SUBSTANŢE MINERALE UTILE NEMETALIFERE BRUTE ŞI PREPARATE :

- feldspat sodo-potasic, bulgări şi preparat, cu suma oxizilor alcalini 7,5-11% şi trioxid de fier 0,2-0,4% ;
- mică micronizată, purificată prin flotaţie, cu oxizi alcalini 9-11% ;
- cuarţ feldspatic flotat în mediu acid cu granulaţia 40-400 microni, folosibil în pardoseli şi protecţii antiacide ;
- cuarţuri granulate spălate, în sortimente diferite, de 0,5-5 mm şi oxid de siliciu de 95-98% ;
- alabastru micronizat sub 60 microni cu grad de alb peste 85%, precum şi o gamă variată de obiecte de uz casnic din alabastru de diferite culori ;
- caolinuri şi bentonite micronizate, purificate prin separare magnetică, cu grad de alb 82-85%, pentru industria hîrtiei ;
- caolin ceramic de Parva, purificat prin separare magnetică, cu trioxid de fier 0,5-0,6%, alumină 18-20% şi proprietăţi reologice foarte bune ;
- caolinuri calcinate şi micronizate pentru paste de lustruit mobile, abraziv, umpluturi de mase plastice şi cauciuc etc. ;
- argile refractare preparate cu conţinut în alumină peste 30% şi trioxid de fier sub 3%, cu proprietăţi liante foarte bune.

COMBINATUL MINIER CLUJ
Str. HORIA nr. 78, telefon 34288, telex 031227

E 1995


# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XXXIII

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI MINISTERULUI PETROLULUI

Nr. 12 1982


## CUPRINS


*Ilie, P., Bănărescu, M.* **Dezarmare, ştiinţă, resurse de materii prime** . . . . . 553

*Kheil, O.* **Noi posibilităţi de îmbunătăţire a concentrării aurului liber din minereurile cu conţinut redus prin flotoamalgamare** . . . . . 559

*Iuşan, V. şi Homorodean, L.* **Separarea substanţelor minerale utile cu ajutorul spectrometrelor ferofluidice de densitate** . . . . 562

*Pavelescu, L.* **Geologia şi resursele minerale ale R. A. Yemen** . . . . . 570

*Părăuşan , V., Ponoran Ileana, Creţu Steliana, Sîrbu Petruţa, Călin Camalia şi Ionescu, N.* **Studiul comparativ al unor substanţe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra ţiţeiurilor de tip Sarmaţian (II)** 575

*Pavel, A.* **Rezistenţa elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (III)** . . . . . 581

*Petre, M.* **Modelarea de fază a sistemului de hidrocarburi şi stabilirea tipului de zăcămînt de la Tazlăul Mare** 599

*Paraschiv, D.* **Noi date şi interpretări privind structura de adîncime a Platformei moesice** . . . . . 601

**Informaţii**

**Index**



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

**Ing. VASILE SCRIPĂŢ,** *preşedinte;* dr. ing. **GHEORGHE ALDEA;** ing. **ŞTEFAN BENEA;** dr. geol. **IOSIF BERCIA;** ing. **TEODOR BORU;** dr. ing **GHEORGHE DONŢOV DANU;** ing. **VIRGIL FĂTU;** dr. ing. **IANCU GEANGĂLĂ;** dr. ing. **FLOREA NEAGU;** ing. **NICOLAE PANTILIE;** **ELENA VRÂNCEANU,** *redactor.*


## REZUMATE

Ilie, P., Bănărescu. M. *Dezarmare, ştiinţă, resurse de materii prime*

Mine, Petrol şi Gaze vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.7 : 622.362.1

Kheil, O. *Noi posibilităţi de îmbunătăţire a concentrării aurului liber din minereurile cu conţinut redus prin flotoamalgamare*

Flotoamalgamarea (procedeu nou de preparare) s-a dovedit a fi adecvată pentru concentrarea aurului liber conţinut în resursele materiale sărace. Schemele tehnologice care includ acest procedeu oferă posibilitatea obţinerii unor indicatori tehnico-economici ridicaţi, unele din aceste scheme, cu aplicaţie industrială, fiind redate în lucrare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.778 : 622.34

Iuşan, V. şi Homorodean, L. *Separarea substanţelor minerale utile cu ajutorul spectrometrelor ferofluidice de densitate*

Se prezintă teoria spectrometrelor ferofluidice de densitate cu intrefier pană şi cu cîmp izodinamic şi rezultatele experimentale obţinute în separarea substanţelor minerale utile cu spectru ferofluidic de densitate cu intrefier pană.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 553.1 : 551 : 551.24

Pavelescu, L. *Geologia şi resursele minerale ale R. A. Yemen*

Autorii prezintă aspecte geologice cu caracter general legate de morfologia, stratigrafia şi tectonica teritoriului R. A. Vemen, precum şi o succintă trecere în revistă a principalelor resurse minerale care se găsesc în fază incipientă de cercetare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.323 : 622.276

Părăuşanu, V. ş.a. *Studiul comparativ al unor substanţe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra ţiţeiurilor de tip Sarmaţian* (II)

Pe baza datelor experimentale, autorii fac un studiu comparativ asupra posibilităţilor de dezemulsionare a ţiţeiurilor de tip Sarmaţian prin utilizarea în diferite condiţii de temperatură, a unor dezemulsionanţi clasici şi a unora sintetizaţi de autori. Se prezintă domeniile de concentraţie şi de temperatură pentru care dezemulsionanţii prezintă eficienţă maximă de separare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.241.5 : 622.245

Pavel, A. *Rezistenţa elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari*

Se studiază efectele de contur, analizîndu-se şi corectîndu-se stările corespunzătoare de solicitare şi deplasare-deformare pentru tubulatură şi, respectiv, pentru structura tubulară cu cintre, în final evaluîndu-se capacitatea portantă a coloanelor de tubare cu diametre mari. Se prezintă două aplicaţii numerice de interes practic imediat.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 553.98 :

Petre, M. *Modelarea de fază a sistemului de hidrocarburi şi stabilirea tipului de zăcămînt de la Tazlăul Mare*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.276 : 551.762 : 553.982

Paraschiv, D. *Noi date şi interpretări privind structura de adîncime a Platformei moesice*

În sectorul Păduresti-Gliganu, din partea central-nordică a Platformei moesice, sondele săpate sugerează existenţa unei linii de încălecare la nivelul depozitelor prejurasice. Avînd o amploare de 5—7 km şi urmărindu-se pe o distanţă de peste 25 km, încălecarea respectivă pare să se fi prouds în timpul triasicului.

# CONTENTS


Ilie, P. and Bănărescu, M. *Disarmament, science, resources of raw materials*

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.7 : 622.362.1

Kheil, O. *New possibilities of improving the free gold concentration in low grade ores by means of floto-amalgamation*

The floto-amalgamation (new dressing method) has proved its efficiency in the free gold concentration in low grade mineral resources. The flowsheets on which this method is based, offers the possibilities of obtaining high tehnical and economical indices, some of these flowsheest — with industrial application-being presented in the paper.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.778 : 622.34

Iușan, V. and Homorodean, L. *Separation of useful minerals by means of ferro-fluidic density spectrometers*

The theory of ferro-fluidic density spectrometers with wedge type pole clearance and iso-dynamic field is presented together with the experimental results obtained in the separation of useful minerals with ferro-fluidic density spectrum with wedge type pole clearance.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 553.1 : 551 : 551.24

Pavelescu, L. *The geology and mineral resources of the A. R. Yemen*

The authors present general geological aspects related to the morphology, stratigraphy and tectonics of the territory of the A. R. Yemen, as well as a brief review of the main mineral resources which are just begginning to be explored.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.323 : 622.276

Părăușanu, V. et al. *Comparative study of some strain-active substances with emulsion breaking effect on the Sarmatian type crude oils (II)*

Based on experimental data, the authors make a comparative study concerning the emulsion breaking possibilities of the Sarmatian type crude oils by using, under different temperature conditions, classical emulsion breakers and other ones, sinthesized by themselves. The concentration and temperature ranges within which the emulsion breakers have a maximum separation efficiency are also presented.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

Pavel, A. *Elasto-mechano-static resistance of large diameter casing strings*

The contour effects are studied, reviewing and correcting the corresponding stress and displacement-deformation statuses for the piping and, respectively for the tubular structure with centring, finally evaluating the lifting capacity of the large diameter casing strings. Two nummerical applications of immediate practical interest are also presented.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr 12, 1982

C.Z. 553.98

Petre, M. *Phase modelling of the hydrocarbon system assessment of the Tazlăul Mare oil reservoir type*

Mine, Petrol și Gaze, vo. 33, nr. 12, 198

C.Z. 622.276 : 551.762 : 553.982

Paraschiv, D. *New data and interpretations regarding the depth structure of the Moesic Platform*

The wells drilled in the north-central part of the Moesic Platform, in the Pădurești-Gliganu area, suggest the existence of an overlapping line at the level of pre-jurassic deposits. Having a thickness of 5—6 km and being followed over a distance of more than 25 km, this overlapping seems to have been produced in the triassic.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

**Information**


# СОДЕРЖАНИЕ


Илие, П. и Бэнэреску, М. *Разоружение, наука сыревые ресурсы*

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.7 : 622.362.1

Кайл, О. *О новых возможностях улучшения концентрации свободного золота из бедных руд флотационным амальгамированием*

Флотационное амальгирование (новый способ обогашения) оказалось приемлемым для концентрации свободного золота из бедных сырьевых ресурсов. Технологические схемы этого процесса предоставляют возможность получить повышенные технико-экономические показатели, а некоторые из этих схем промышленного применения рассмотрены в настоящей работе.

Ключевые слова: флотационное амальгамирование, бедные руды, свободное золото, технико-экономические показатели

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.778 : 622.34

Юшан, В. и Хомородян Л. *Отделение полезных ископаемых с помощью феррожидкостных спектрометров плотностей*

Представлены теория феррожидкостных спектрометров плотностей с клиневым воздушным зазором и с изодинамическим полем, а также полученные экспериментальные результаты отделения полезных ископаемых с применением вышеуказанного спектрометра.

Ключевые слова: отделение, полезные ископаемые, феррожидкостной спектрометр плотностей, клиневой воздушный зазор.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 553.1 : 551 : 551.24

Павелеску, Л. *Геология и минеральные ресурсы А. Р. Йемен*

Авторы представляют геологичесике аспекты общег характера, связанные с морфологией, стратиграфией

тектоникой территории А. Р. Йемен, а также краткий обзор основных ресурсов минерального сырья, находящиеся в первоначальной стадии исследования.

Ключевые слова: А. Р. Йемен, минеральные ресурсы, геологические аспекты

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 622.323 : 622.276

Пэрэушану, В. и др. *Сопоставительное изучение некоторых ПАВ деэмульсионного характера для нефти сарматского типа (II)*

На основе экспериментальных данных авторы изучают возможности удаления эмульсий нефти сарматского типа в результате применения при различных температурах некоторых классических деэмульгаторов, а также некоторых деэмульгаторов полученных авторами при синтезе. Представлены области концентраций и температур при которых деэмульгаторы имеют максимальную эффективность отделения.

Ключевые слова: ПАВ, деэмульсия, нефти, сарматский тип, максимальная эффективность.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 622.241.5 : 622.245

Павел, А. *Упругомеханостатическое сопротивление колонн труб большого диаметра*

Изучаются контурные эффекты, рассмотривая и поправляя соответствующие состояния нагрузки и сдвижения-деформации труб и соответственно трубчатой структуры с кольцами, в конечном счете, оценивая несущую способность колонн труб большого диаметра. Представлены два численных примера непосредственного практического значения.

Ключевые слова: упругомеханостатическое сопротивление, трубы большого диаметра, состояния нагрузки, сдвижения и деформации.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 553.98

Петре, М. *Фазовое моделирование системы углеводородов и установление типа месторождения Таалэул Маре*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 622.276 : 551.726 : 553.982

Парасикв, Д. *Новые данные и толкования о глубинной структуре Мзинской платформы*

На участке Пэдурешть-Глинару в центрально-северной зоне Мзинской платформы, пробуренные скважины указывают на наличие линии надвига доюрасовых отложений. Распространяясь на протяжении 5—7 Км и проследив её более 25 Км соответствующий надвиг вроде образован во время Триаса.

Ключевые слова: глубинная структура, мзинская платформа, надвиг, доюрасовые отложения, триас.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

**Информации**

о

н

---

## SOMMAIRE

Ilie, P. et Bănărescu, M. *Désarmement, science, ressources de matières premières*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 622.7 : 622.362.1

Kheil, O. *Nouvelles possibilités d'amélioration de la concentration d'or libre des minerais à teneur réduite par flotto-amalgamation*

La flotto-amalgamation (un procédé nouveau de préparation), a été prouvée correspondante pour la concentration d'or libre contenu dans les ressources materielles pauvres. Les schémas technologiques qui incluent ce procédé offrent la possibilité d'obtenir des indices techniques et économiques élevés dans la manière dans laquelle ils sont décrits par l'auteur.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 622.778 : 622.34

Iuşan, V. et Homorodean, L. *La séparation des substances minérales utiles à l'aide des spectromètres ferrofluidiques de densité*

On présente la théorie des spectromètres ferrofluidiques de densité avec entrefer en coin avec champ isodynamique, ainsi que les résultats obtenus à la séparation de substances minérales utiles.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 553.1 : 551.551.24

Pavelescu, L. *La géologie et les ressources minérales de la R. A. Yemen*

L'auteur présente des aspects d'un caractère général concernant la morphologie, la stratigraphie et la tectonique du territoire de la R. A. Yemen, ainsi qu'une revue sur les principales ressources minérales qui se trouvent dans une phase de recherche, de début.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 622.323 : 622.276

Părăuşan, V. et al. *Étude comparative des quelques substances tenso-actives avec effet desémulsionnant sur le pétrole de type sarmatien (II)*

Basés sur des données expérimentales, les auteurs présentent une étude comparative sur les possibilités de desémulsionner le pétrole de type sarmatien en utilisant, en diverses conditions de température, quelques desémulsionnants classiques et quelques'uns synthétisés par les auteurs. On présente les intervalles de concentration et de température pour lesquels les desémulsionnants présentent une efficacité maximale de séparation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

---

C.Z. 622.241.5 : 622.245

Pavel, A. *La résistance elastomécanostatique des colonnes de tubage à diamètres larges*

On analyse les effets de contour, en évaluant et en corrigeant des états correspondants de sollicitation et de déplacement-déformation pour le tubage et respectivement pour la structure tubulaire avec cintres. Finalement, on fait une

reévaluation sur la capacité portante descolonnes de tubage à diamètres larges. On présente deux application numériques d'intérêt pratique immédiat.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 553.98

Petre, M. *Modélation de phase du système de hydrocarbures et la détermination du type de gisement de Tazlăul Mare*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.276 : 551.762 : 553.082

Paraschiv, D. *Nouvelles données et interprétations sur la structure profonde de la plate-forme moesique*

Dans le secteur Pădureşti-Gliganu de la partie centrale-nordique de la plate-forme moesique, les sondes forées suggèrent l'existence d'une ligne de charriage au niveau des dépôts pré-juras. Ayant une amplitude de 5—7 km et une longueur de plus de 25 km, le charriage respectif semble être un produit de l'âge du trias.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

**Information**

# INHALT

Ilie, P. und Bănărescu, M. *Abrüstung, Wissenschaft, Rohstoffquellen*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.7 : 622.362.1

Kheil, O. *Neue Verbesserungsmöglichkeiten der Freigoldkonzentration in den mindergehaltigen Erzen durch Floto-Amalgamation*

Die Floto-Amalgamation (neues Aufbereitungsverfahren) hat sich für die Freigoldkonzentration in den mindergehaltigen Erzen geeignet nachgewiesen. Die technologischen Fluss-Schemas, welche dieses Verfahren anwenden, bieten die Möglichkeit höhe technischwirtschaftlichen Kennziffern zu erzielen. wobei einige von diesen Schemen, mit industrieller Anwendung, in diesem Artikel vorgestellt werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.778 : 622.34

Iuşan, V. und Homorodean, L. *Die Abscheidung der nutzbaren Mineralstoffe mit Hilfe der ferro-flüssigen Dichtenspektrometer*

Vorgestellt werden die Theorie der ferro-flüssigen Dichtenspektrometer mit Keilpolschuhabstand und iso-dynamischem Feld und die experimentellen Ergebnisse in der Abscheidung der nutzbaren Mineralstoffe mit ferro-flüssigem Dichtenspektrum mit Keilpolschuhabstand.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 5 5531 : .51 : 551.24

Pavelescu, L. *Die Geologie und die Bodenschätze der A. R. Yemen*

Die Verfasser stellen allgemeine geologischen Aspekte betreffend die Morphologie, Stratigraphie und die Tektonik des Gebietes der A. R. Yemen sowie eine kurzgefasste Aufstellung der Hauptbodenschätze, vor, die in einer Anfangsphase der Untersuchung sich befinden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622..323 : 622.276

Părăuşanu, V. et al. *Vergleichsstudium einiger oberflächenaktiven Stoffe mit emulsionzerstörender Wirkung über Sarmatischen Öltypen (II).*

Auf Grund von experimentellen Angaben, vergleichen die Verfasser die Emulsionsstörungsmöglichkeiten der Sarmatischen Erdöltypen durch die Anwendung, unter verschiedenen Temperaturbedingungen, von klassischen und von den Verfassern aufgebauten Entemulgierungsmittel. Vorgestellt werden die Konzentrations- und Temperaturbereiche in welchen die Entemulgierungsmittel einen maximallen Wirkungsgrad aufweisen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.241.5 : 622.245

Pavel, A. *Elastomechanostatischer Widerstand der Futterrohrkolonnen mit grossen Durchmessern*

Studiert werden die Umrisseffekte, wobei die entsprechenden Beanspruchungs-, Verschiebungs- und Verformungswesen für die Röhren und, bzw. für die Struktur mit Gerüstbogen überprüft und korrigiert, und endlich die Tragfähigkeit der Futterrohrkolonnen mit grossen Durchmessern eingeschätzt werden. Zwei nummerischen Abbildungen von sofortigem praktischem Interesse werden auch vorgestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 553.98

Petre, M. *Phasenmodellherstellung des Kohlenwasserstoffsystems und Typenfeststellung der Erdölquelle Tazlăul Mare*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

C.Z. 622.276 : 551.762 : 553.982

Paraschiv, D. *Neue Angaben und Darstellungen betreffend die Tiefenstruktur des Moesischen Tafelgebieles*

Die in dem zentral-nordischen Teil des Moesischen Tafelgebietes (Pădureşti-Gliganu Strecke) gebauten Bohrungen weisen die Existenz einer Überlappungslinie in dem Bereich der vor-jurassischen Ablagerungen auf. Diese Überlappung hat eine Mächtigkeit von 5—7 km, ist auf einem Abstand von mehr als 25 km verfolgbar und scheint im Trias sich erzeugt zu haben.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 33, nr. 12, 1982

**Informationen**

# Dezarmare, ştiinţă, resurse de materii prime

Dr. ing. **P. Ilie**
sociolog **M. Bănărescu**
I.C.P.M.N. Baia Mare

Aparent disparate, cele trei concepte ce alcătuiesc titlul referatului nostru converg spre o interdependenţă cu profunde rezonanţe în viaţa internă şi internaţională actuală.

Omenirea pare să fi intrat într-o fază a degringoladei psihologice existenţiale, prin stăruirea cu tot mai mare acuitate în jurul întrebării hamletiene: a fi sau a nu fi. Spectrul unei eventuale distrugeri globale, ridicarea tensiunii conflagraţioniste de la zone limitate la arii tot mai largi, situarea într-o criză economică mondială ce continuă să se adîncească pun, atît indivizii, cît şi marile colectivităţi, întreaga omenire, la reconsiderarea, reevaluarea conceptelor, teoriilor, datelor, raporturilor existente.

Lucrarea senzaţională care a pus în gardă omenirea prin datele pe care le publica, prin concluziile la care ajungea, a fost primul Raport al Clubului de la Roma, apărut în 1971, şi intitulat „Limitele creşterii". Era un raport prea sumbru, în special referitor la resursele de materii prime, atît minerale, cît şi agricole. Reacţiile au apărut imediat şi cu argumente nu numai politice dar şi de natură metodologică, printre care neluarea în considerare a factorilor sociali sau omiterea ştiinţei şi tehnologiei. Cel de-al treilea Raport avea să apară mai apropiat de realitate, în concordanţă mai mare cu speranţele omenirii, fără a viza totuşi aspectul esenţial şi care constituie, în acelaşi timp, poziţia României în ceea ce priveşte rezolvarea multiplelor probleme cu care se confruntă omenirea la ora actuală, şi anume necesitatea realizării unei noi ordini economice internaţionale prin lichidarea decalajelor existente, oprirea cursei înarmărilor, accesul liber la cele mai noi cuceriri ale ştiinţei şi tehnologiei.

Şi totuşi problemele par să pornească de la a avea materii prime şi energie. Spunem incert, „par să pornească" pentru că exemplul Japoniei, lipsită aproape de materii prime, trebuie să conducă la o considerare mai profundă a problemelor. (A se vedea, în acest sens, recenta lucrare a prof. Costin Murgescu: „Japonia în economia mondială").

Folosindu-ne şi de datele celui de-al treilea Raport către Clubul de la Roma, apărut sub titlul „Restructurarea ordinii internaţionale", în anul 1978 la Editura politică, trebuie să admitem că scoarţa pămîntului conţine resurse practic inepuizabile ale tuturor metalelor şi mineralelor necesare omului, deşi foarte multe sînt uniform distribuite în scoarţă şi deci se găsesc în concentraţii scăzute. Costul extragerii depozitelor inferioare depăşeşte valoarea lor economică şi socială şi, prin urmare, în condiţiile tehnologiei actuale nu pot fi considerate exploatabile. Aceasta ne conduce la mai multe idei printre care şi cea a etichetării unei zone sau regiuni ca fiind bogată în minerale, bogăţie ce nu poate fi exprimată în termeni absoluţi, necondiţionaţi, ci numai în legătură cu o anumită situaţie tehnologică şi economică. O altă idee ar fi a revizuirii, respectiv îmbunătăţirii tehnologiilor.

Revenind asupra primei idei, previziunile catastrofice asupra unui stoc fix şi nemodificabil de resurse minerale nu sînt justificabile întrucît conceptul de rezerve minerale este, în esenţă, dinamic, termenii folosiţi pentru a le defini — cantitatea, tipul, concentraţia etc. — trebuie priviţi ca variabile care se pot schimba în timp şi odată cu tehnologia şi condiţiile economice.

Temerile exprimate cu privire la epuizarea resurselor naturale ar fi exagerate şi pentru că s-au făcut calcule referitoare numai la scoarţa terestră, omiţîndu-se oceanele care cuprind o sursă potenţială de enorme cantităţi de materii prime.

Pe de altă parte, cu foarte puţine excepţii, volumul imens al resurselor minerale existente nu este pierdut odată cu extragerea şi folosirea lor, ci continuă să formeze o parte integrantă a resurselor planetei, putînd fi încorporate temporar în mijloace de producţie sau în bunuri de consum, putînd fi combinate chimic cu alte elemente, dar în toate acestea rămînînd indestructibile. Se pot recupera materiale care au fost folosite o dată sau de mai multe ori.

Problema reală nu este totuși de a descoperi cantitățile totale care vor deveni disponibile în cele din urmă peste o perioadă nelimitată de timp, ci de a avea o idee despre rezervele potențial exploatabile în condițiile economice și tehnologice actuale sau previzibile.

Din acest punct de vedere problemele economice ale lumii contemporane trebuie analizate pornind de la : unde și cîte sînt, cine le posedă și cine valorifică resursele minerale.

În condițiile concrete actuale ale României, pentru creșterea producției de metale, atît cantitativ, cît și pe sortimente, devine necesară atragerea în circuitul economic a unor cantități de rezerve mai sărace, dar cu volum mult mai mare, respectiv exploatarea și prelucrarea unor cantități crescînde de substanță minerală utilă, în condiții geo-miniere tot mai nefavorabile. Aceasta impune oamenilor de știință din țara noastră, institutelor de cercetare găsirea unor tehnologii și utilaje adecvate pentru dizlocarea, vehicularea și prelucrarea unor mari cantități de minereu indigen, precum și extinderea colaborării externe în valorificarea zăcămintelor de metale neferoase.

Acțiunile țărilor OPEC și vulnerabilitatea țărilor industrializate față de presiunile colective ale țărilor producătoare de materii prime din lumea a treia a conferit resurselor naturale o importanță strategică. Deși țările lumii a treia nu sînt singurele posesoare de materii prime, în același timp aproximativ jumătate din producția mondială totală de materii prime este realizată de fapt în țările industrializate.

Creșterea exagerată a prețurilor la petrol, începînd cu sfîrșitul anului 1973, a demonstrat că o asemenea evoluție a costurilor resurselor naturale lovește cel mai greu în capacitățile de plată ale celor mai sărace țări în curs de dezvoltare, ceea ce se reflectă, cu brutalitate, în profunda dezechilibrare a balanțelor de plăți ale acestor state. A devenit clar, în acest context, că este imperios necesar să se asigure, în spiritul propunerilor României, accesul tuturor țărilor lumii la sursele de materii prime și energie, pe baza unei largi cooperări internaționale, avantajoasă pentru toți partenerii.

Soluționarea energiei, a materiilor prime în general, apare deci ca o condiție fără de care nu se poate asigura creșterea și dezvoltarea în perspectivă a economiei mondiale, în primul rînd a economiei țărilor în curs de dezvoltare ; ca atare nu se pot lichida gravele decalaje internaționale.

Rezolvarea acestei probleme complexe care, în condițiile actualelor relații economice și politice internaționale, generează controverse și confruntări, implică o serie de aspecte strîns legate între ele, unul dintre acestea fiind necesitatea descoperirii și folosirii de noi surse energetice și de materii prime. În unele țări mai avansate s-au acumulat, încă de pe acum, cunoștințele științifice și tehnice de utilizare a unor surse noi. Dificultățile existente în prezent în calea transferului internațional de tehnologie, atît cel ce provine din monopolizarea cunoștințelor tehnice și științifice, cît și cel ce decurge din costurile foarte ridicate ale noilor tehnologii, fac ca țările cele mai sărace să nu poată utiliza astfel de resurse naturale. În plus, lipsa unei structuri proprii de cercetare științifică, lipsa de cadre de cercetare, fac ca aceste țări sărace să nu poată întreprinde nici cercetări independente. Or, tocmai aceste țări sînt în situația de a nu dispune nici de resurse financiare pentru cumpărarea de licențe, brevete necesare și nici de alte resurse naturale care să substituie produsele primare scumpite în mod exagerat în prezent.

Extrapolînd pur și simplu tendințele actuale de pe piața mondială, supraestimînd permanența barierelor și obstacolelor existente în calea comerțului internațional, o prognoză a dezvoltării economiei mondiale, în viitoarele două-trei decenii, apare ca fiind deosebit de sumbră ; și aceasta cu atît mai mult cu cît asemenea fenomene sînt agravate de cursa înarmărilor. Așa cum sublinia secretarul general al partidului nostru, tovarășul **Nicolae Ceaușescu** la Congresul al XII-lea al P.C.R. „trebuie spus deschis că sporirea în proporții uriașe a cheltuielilor militare constituie una din cauzele cele mai importante ale amplificării crizei economice". Reluînd problema cursei înarmărilor, secretarul general al partidului arăta la plenara lărgită a C.C. al P.C.R. din 1—2 iunie

că oprirea acestei curse, înfăptuirea dezarmării și asigurarea păcii constituie problema vitală a vieții internaționale.

Cîteva cifre vin să ilustreze aceasta.

În anul 1980 cheltuielile militare s-au ridicat la 500 miliarde dolari, respectiv 110 dolari pentru fiecare locuitor al planetei.

În ultimii 30 de ani, 5 pînă la 8% din producția mondială a lumii este formată din obiective militare.

Comerțul internațional de arme este apreciat la 26 miliarde dolari anual.

În același timp există în lume 570 milioane oameni subalimentați, 800 milioane analfabeți, 1 miliard și jumătate nu au acces la serviciile medicale.

100 000 000 — totalul persoanelor angrenate în activități militare, din care 25 000 000 sînt activi (ofițeri și soldați), 50 000 000 de persoane contribuie prin munca lor, direct sau indirect, la satisfacerea cererii de bunuri și servicii militare, 500 000 este numărul oamenilor de știință și inginerilor folosiți în activitățile de cercetare-dezvoltare în domeniul militar, ceea ce are consecințe extrem de negative pe plan economic și social.

În anii '70, 20% din oamenii de știință și inginerii planetei participau la cercetarea în scopul dezvoltării tehnologiei militare, ceea ce a făcut ca apariția și dezvoltarea noilor arme să se desfășoare într-un ritm incredibil de rapid.

Într-un șir de țări industriale (S.U.A., Anglia, R.F.G.) un produs militar mediu reclamă de 20 de ori mai multe cercetări decît un produs civil mijlociu.

Raportul știință-dezarmare are profunde implicații ce pot fi analizate prin prisma raportului dintre revoluția științifico-tehnică și revoluția tehnico-militară.

O analiză istorică a științei ne relevă ambivalența sa cu efecte pozitive și negative deoarece ea poate fi folosită, atît pentru binele, cît și împotriva umanității. Orice teorie poate fi folosită, atît pentru dominare, cît și pentru eliberare. O știință poate duce tot atît de bine la manipularea omului sau a unor grupuri de oameni, respectiv la autodeterminarea și autodistrugerea speciei umane.

Istoria a înregistrat revoluții, atît în domeniul tehnicii de producție, cît și în domeniul tehnicii militare — deși ele nu s-au suprapus întotdeauna de-a lungul istoriei —, corelațiile dintre ele s-au schimbat de-a lungul secolelor, iar astăzi asistăm la fenomenul în care noua tehnică militară amenință cu distrugerea omenirii însăși. Și aceasta datorită militarizării științei care a luat proporții de-a dreptul înspăimîntătoare, aceasta fiind una din trăsăturile esențiale și fundamentale ale subordonării științei față de puterea politică.

Cercetărilor în domeniul militar (fără a lua în considerare cheltuielile militare propriu-zise) li se acordă fonduri tot mai mari față de cercetările din domeniul nemilitar.

Jumătate din cheltuielile mondiale în cercetare-dezvoltare se realizează în S.U.A., iar cinci țări capitaliste dezvoltate realizează peste 90% din volumul mondial la acest capitol. Trebuie însă remarcat, că finanțarea publică a cercetării-dezvoltării este destinată descoperirii unor arme mai distrugătoare, cele nucleare, în special, consumă un sfert din întregul volum de cheltuieli la scară mondială.

Spre deosebire de trecut, cînd cercetările civile erau folosite chiar și în domeniul militar, în prezent are loc un proces invers, cercetările militare au, ca efecte secundare, utilizări civile.

Problema militarizării științei se referă atît la științele naturii și tehnicii, cît și la științele sociale și umane.

Astfel, dacă cele mai recente aplicații distrugătoare ale unor mari descoperiri științifice ca acelea din domeniul utilizării radiațiilor în realizarea bombei cu neutroni și tehnica laser sau a informaticii și ciberneticii în producția celor mai sofisticate arme, de la sateliții spioni și rachetele militare pînă la armamentul clasic de infanterie și artilerie sau a modelelor matematice în teoria și practica militară ca : statistica matematică, calculul probabilităților, teoria informației, programarea liniară, programarea dinamică, teoria jocului (a conflictelor) și altele țin de domeniul științelor naturii și tehnice nu mai puțin cercetate și

aplicate în domeniul militar sînt ştiinţele sociale şi umane, cu direcţii mai importante în:

- cercetarea posibilităţilor psiho-fiziologice ale omului ( a ostaşilor obligaţi să acţioneze în condiţiile unor tensiuni şi stresuri extraordinare, determinate de existenţa unei tehnici militare ultracomplexe);
- selecţionarea, pregătirea şi perfecţionarea cadrelor de conducere (selecţionarea anumitor oameni cu anumite calităţi pentru anumite specialităţi);
- ingineria psiho-fiziologică, domeniu interdisciplinar preocupat de crearea şi exploatarea tehnicii militare ţinînd seama de înclinaţiile omului;
- studierea situaţiei şi condiţiilor sociale şi culturale din diferite ţări în care imperialismul are intenţia de a pătrunde sau cu care are în vedere un eventual război.

Evident ţările socialiste vor trebui să dea atenţie mărită folosirii ştiinţelor sociale pentru rezolvarea problemelor legate de apărarea orînduirii socialiste.

La nivelul unei ţări, multe probleme ale ştiinţei şi tehnicii se întrepătrund strîns cu aspectele politice, iar omul de ştiinţă al sec. al XX-lea este implicat în politică, indiferent dacă vrea sau nu.

A apărut în ultima vreme un concept nou „complexul militaro-ştiinţific" ca interpenetrare a intereselor militare şi ştiinţifice.

Complexul militar este direct cointeresat în problema studierii întregului sistem al resurselor cu implicaţiile sale militare. Este binecunoscut că forţele militare sînt mari consumatoare de resurse (petrol, fier, aluminiu, metale rare etc.), situîndu-se probabil pe primul loc în ce priveşte consumurile specifice (raportate la volumul capacităţilor tehnice sau la numărul persoanelor care le utilizează). În acest context este destul de semnificativă clasarea anumitor resurse în categoria materialelor strategice.

Sînt publicate unele cifre interesante. Astfel consumul mondial în scopuri militare, de aluminiu, cupru, nichel şi platină depăşeşte cererea totală de aceste minerale, în Africa, Asia şi America Latină la un loc.

Pentru construirea şi amplasarea a 200 rachete balistice intercontinentale mobile, se utilizează, potrivit estimărilor, 10 000 t de aluminiu, 2 500 t de crom, 150 t de titan, 24 t de beriliu, 890 000 t de oţel şi 2,4 t ciment.

Petrolul utilizat în scopuri militare reprezintă circa 75% din consumul militar global de energie.

Numai în producţia de bunuri şi servicii militare se folosesc 5—6% din consumul mondial total de petrol, ceea ce reprezintă mai mult decît consumul Franţei şi aproape jumătate din cel pe ansamblul ţărilor în curs de dezvoltare.

Problema poate fi privită şi prin efectele sale inverse: limitele resurselor naturale naţionale impun, inevitabil, anumite limite în disponibilul pentru complexul militar şi modelează, din acest punct de vedere, însăşi politica relaţiilor externe, de unde şi complementaritatea, în cadrul unei strategii ştiinţifice, a politicii de apărare naţională şi a politicii resurselor naturale naţionale.

Pe fondul unui program bine stabilit de lucrările Congresului al XII-lea al P.C.R. prin Directivele cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1981—1985 şi orientările de perspectivă pînă în 1990 şi prin Programul-directivă de cercetare ştiinţifică, dezvoltare tehnologică şi de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 şi direcţiile principale pînă în anul 2000, necesitatea „lărgirii bazei proprii de materii prime, prin descoperirea şi punerea în valoare de noi resurse; promovarea unei politici ferme de gospodărire raţională a materiilor prime, de recuperare şi refolosire a acestora; ridicarea gradului de valorificare a resurselor materiale" este sprijinită prin dezvoltarea tot mai largă a activităţii ştiinţifice, aplicarea fermă în toate domeniile a celor mai înaintate cuceriri ale revoluţiei tehnico-ştiinţifice mondiale, sporirea aportului ştiinţei româneşti la asigurarea progresului României.

Astfel, cheltuielile pentru cercetare au crescut de la 5 miliarde lei în cincinalul 1961—1965 la peste 46 miliarde lei în perioada 1976—1980, urmînd a se situa în acest cincinal la circa 70 miliarde lei; de asemenea, fondurile fixe au crescut în 1980 faţă de 1965 de 4,5 ori, iar personalul ocupat în această sferă de activitate a cunoscut următoarea dinamică: 50 mii de persoane în anul 1965, 200 000 în 1980, pentru a ajunge la aproximativ 245 000 la finele actualului cincinal.

O lumină asupra importanței speciale pe care conducerea partidului și statului o acordă implicării tot mai puternice a cercetării în soluționarea problemelor complexe ce stau în fața activității economice o proiectează și structura planului de cercetare existent pe plan național. Astfel, dacă pe ansamblul cincinalului temele de cercetare sînt repartizate după cum urmează: 40% vizează reducerea importului și consumurilor specifice, 30% creșterea calității produselor și creșterea productivității muncii, 20% noile surse de energie, tehnologiile agricole de înalt randament, sistemul de transport și 10% cercetarea fundamentală, pentru acest an s-a prevăzut o creștere cu 50% a ponderii cercetărilor ce urmăresc reducerea importurilor.

Este binecunoscută opțiunea și atitudinea tuturor celor care activează în domeniul cercetării științifice, proiectării și ingineriei tehnologice din țara noastră — implicit a celor din domeniul minereurilor neferoase — în raport cu problemele păcii și ale războiului, ale necesității dezarmării.

Lucrările elaborate de cercetătorii din cadrul Institutului de cercetare, inginerie tehnologică și proiectare pentru minereuri neferoase din Baia Mare, menite să asigure creșterea capacității de producție a zăcămintelor în curs de exploatare și punerea în exploatare a noi rezerve, cuprind optimizarea pregătirii lucrărilor de exploatare, elaborarea, aplicarea și extinderea tehnologiilor de mare productivitate pentru săparea și susținerea lucrărilor miniere, pentru exploatarea substanțelor minerale utile. Aceste tehnologii rezolvă concomitent și reducerea pierderilor de exploatare (pierderi tehnologice, mecanice ș. a.) și contribuie la creșterea gradului de recuperare a substanțelor minerale utile.

Noile procedee și sisteme de săpare a lucrărilor miniere aplicate la Baia Sprie, Baia Borșa și Herja, care urmează a fi extinse și la alte unități, au permis creșterea vitezei de săpare pînă la 50 m/lună și reducerea prețului de cost cu 150—200 lei/m galerie săpată.

Foarte rare sînt acele cazuri în care substanța minerală exploatată conține un singur component util; pe lîngă elementele de bază, pentru care se exploatează și se prelucrează substanța minerală utilă, totdeauna găsim și elemente însoțitoare rare și disperse, a căror extragere este imperios necesară stadiului actual de dezvoltare a economiei naționale.

Cercetările efectuate în vederea creșterii gradului de valorificare s-au materializat în tehnologii noi și îmbunătățirea celor existente în funcție de caracteristicile calitative și cantitative variabile a minereurilor.

Ca urmare a eforturilor depuse, cu toate că în ultimii ani conținuturile de componenți utili au scăzut cu 10—15%, la instalațiile de preparare în funcțiune randamentele de extracție a metalelor de bază au rămas neschimbate, iar în multe cazuri s-au înregistrat și creșteri.

Dintre tehnologiile elaborate în acest sens putem aminti cele care vizează decuprarea concentratelor plumbo-cuproase, obținîndu-se concentrate de cupru și de plumb selective de foarte bună calitate. Tehnologia este aplicată la Flotația centrală, Băiuț, aducînd un spor de producție anuală de circa 12 mil. lei.

Avînd în vedere importantele cantități de metal imobilizate în sterile, zguri, prafuri volatile, au fost finalizate și aplicate în producție cercetări care au permis redarea în circuitul economic a acestora. Astfel se extrage cuprul din zgurile metalurgice, prafurile volatile sînt prelucrate pentru valorificarea cuprului, plumbului și zincului. Este în curs de realizare instalația industrială de recuperare a metalelor prețioase din sterilul instalațiilor depozitate în iazuri.

Aplicarea măsurilor de reducere a consumurilor specifice de energie și combustibil la unitățile miniere și de preparare, care formează obiectul unei teme prioritare pentru activitatea institutului, cu aplicabilitate imediată și la îndemîna unităților, au condus la economii de energie electrică de circa 3 148 MWh/an și 624 tcc/an.

Intensificarea mecanizării și automatizării, conceperea, realizarea și asimilarea de noi utilaje miniere, de prelucrare a minereurilor, valorificarea metalelor din apele de mină, asimilarea de reactivi indigeni și reducerea importului acestora sînt, de asemenea, direcții în care personalul institutului își intensifică eforturile în vederea elaborării unor soluții tehnice eficiente, a căror aplicare în producție să conducă la dezvoltarea bazei de materii prime, economisirea materialelor, a energiei și combustibilului, cît și realizarea suplimentară a unor

importante cantităţi de metale necesare dezvoltării tuturor ramurilor economiei naţionale.

*

Grava ameninţare a cursei înarmărilor a răscolit, în ultima perioadă, mai puternic ca oricînd, conştiinţa opiniei publice mondiale, a oamenilor de ştiinţă din ţara noastră.

Se cunoaşte activitatea continuă a partidului şi statului nostru, a secretarului general al partidului în problemele dezarmării, propunerile României la sesiunea specială a ONU din acest an consacrată dezarmării. Spicuim din aceste propuneri:

— încetarea producţiei de arme nucleare şi înghețarea bugetelor militare la nivelul anului 1982;

— crearea de zone denuclearizate în diferite regiuni ale lumii;

— convenirea retragerii tuturor trupelor străine în interiorul graniţelor naţionale;

— crearea în cadrul ONU a unui organism special care să acţioneze în direcţia organizării tratativelor, a soluţionării problemelor dintre state numai pe această cale.

Se spune în documentul românesc: „În efortul istoric de oprire a cursei înarmărilor şi de înfăptuire a dezarmării, O RĂSPUNDERE ŞI UN ROL DEOSEBIT REVINE OAMENILOR DE ŞTIINŢĂ, care cunosc cel mai bine capacitatea distructivă a armamentelor moderne şi urmările catastrofale ale unui război atomic.

În condiţiile actuale nici un om de ştiinţă nu mai poate rămîne indiferent faţă de faptul că realizările ştiinţei, cele mai noi cuceriri ale tehnicii moderne sînt folosite pentru fabricarea de arme tot mai distrugătoare, că importante resurse materiale şi un uriaş potenţial ştiinţific sînt acaparate de politica înarmărilor. În aceste împrejurări România consideră că este necesar să se asigure condiţii ca oamenii de ştiinţă să-şi facă auzit glasul la ONU şi în alte organisme internaţionale, să participe nemijlocit la dezbaterea tuturor problemelor care privesc dezarmarea şi pacea".

În acest sens Comitetul naţional român „Oamenii de ştiinţă şi pacea" a prezentat lucrărilor Comitetului pentru dezarmare de la Geneva un document de lucru.

# Noi posibilităţi de îmbunătăţire a concentrării aurului liber din minereurile cu conţinut redus prin flotoamalgamare

Dr. ing. O. Kheil
director adj. I. M. Barza

## I. Despre procedeul flotoamalgamării

Concentrarea prin flotaţie a aurului liber din minereurile cu conţinut redus poate fi îmbunătăţită prin :

— creşterea posibilităţii de ciocnire dintre granulele de aur şi bulele de aer;

— tratarea suprafeţelor granulelor cu reactivi colectori cu selectivitate cît mai ridicată;

— reducerea consumului de reactivi spumanţi pentru evitarea supraspumării;

— mărirea dimensiunilor granulelor de aur liber, în vederea creşterii forţei de adeziune şi a înlăturării influenţei mişcării lichidului asupra ciocnirii dintre granule şi bule;

— influenţarea forţelor electrostatice din suprafeţele de separare aur-apă în direcţia realizării unor încărcări electrice opuse pentru accelerarea adeziunii metal-bulă de aer.

Primele trei condiţii pot fi realizate pe căi obişnuite; pentru realizarea ultimelor două a fost imaginat un procedeu original care constă în introducerea în tulbureala care conţine granulele fine de aur liber a unei dispersii foarte fine de mercur. Particulele de mercur dispers formează, prin adeziunea lor la granulele de aur, amalgam de dimensiuni mai mari decît granulele de aur, care flotează apoi mai uşor.

Prin realizarea unei încărcări electrice dirijate a particulelor de mercur introduse în tulbureală, se pot utiliza corespunzător forţele electrostatice dintre acestea şi aur, respectiv dintre agregatele de aur-mercur (amalgam) formate şi bulele de aer.

Introducerea mercurului dispers în sistemul heterogen al mineralelor conţinute în tulburelile supuse flotaţiei permite mărirea selectivităţii, particulele de mercur acţionînd preferenţial asupra granulelor de aur liber.

Deoarece noul procedeu cuprinde, atît amalgamarea, cît şi flotaţia, a fost denumit f l o t o a m a l g a m a r e [2].

## II. Producerea mercurului dispers

Pentru realizarea unei dispersii uniforme de mercur a fost conceput şi realizat un aparat, redat în figura 1, bazat în principiu pe trecerea unui curent de apă sub presiune printr-o cantitate bine determinată de mercur lichid.

Caracteristicile principale şi influenţa diferiţilor parametri asupra dispersiei realizate în aparatul construit au fost stabilite prin experimentări atente. Astfel, influenţa debitului de apă asupra cantităţii de mercur dispserat este redată prin curba din figura 2, iar influenţa debitului de apă introdus în aparat asupra dispersiei $\Delta$, respectiv a suprafeţei specifice $S$

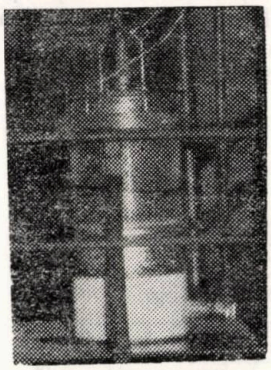


Fig. 1. Aparat de dispersie a mercurului prin imersie în cîmp electric continuu.

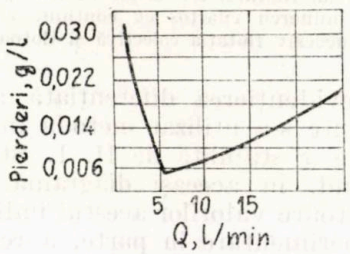



Fig. 2. Influenţa debitului de apă asupra cantităţii de mercur dispersat.

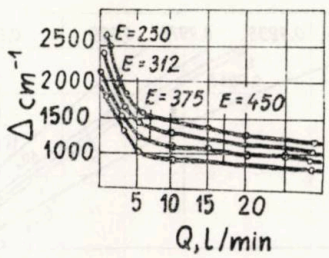



Fig. 3. Influenţa debitului asupra dispersiei la diferite intensităţi ale cîmpului electric.

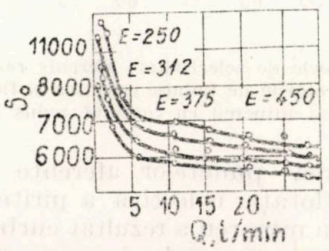



Fig. 4. Influenţa debitului de apă alimentat în aparatul de dispersie asupra suprafeţei specifice a dispersiei.

a mercurului dispersat în funcție de diferite intensități ale cîmpului electric continuu creat $E$, este redată în diagramele din figurile 3 și 4.

### III. Rezultate obținute prin utilizarea noului procedeu

Evidențierea rezultatelor obținute prin utilizarea flotoamalgamării, pentru concentrarea aurului din materialele cu conținut redus, s-a făcut prin cercetări comparative cu flotația colectivă aplicată aceluiași tip de material. Un exemplu îl constituie cercetările efectuate asupra unui minereu cuarțos, după schema tehnologică redată în figura 5.

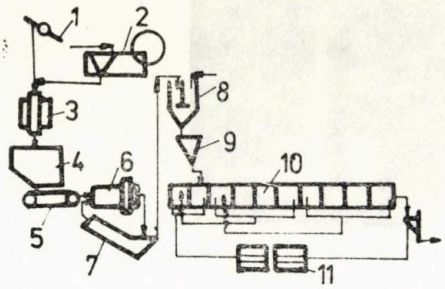



Fig. 5. Schema fluxului tehnologic utilizat pentru valorificarea unui minereu cuarțos cu conținut redus în aur, utilizîndu-se succesiv flotația colectivă și flotoamalgamarea.

Pentru evidențierea diferențiată a rezultatelor obținute s-a utilizat metoda indicelui de selectivitate $x$ stabilită de H. I. Steiner [3]. Reprezentînd, în aceeași diagramă, punctele corespunzătoare valorilor acestui indice pentru fiecare experimentare în parte, a rezultat familia de curbe redată în figura 6, iar prin

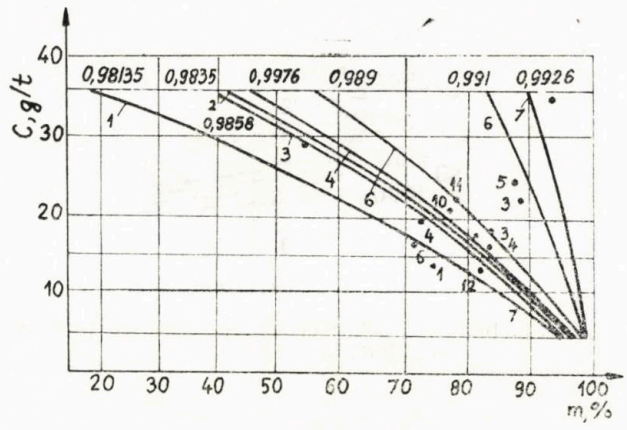



Fig. 6. Curbele de selectivitate aferente rezultatelor obținute prin cercetările de flotație colectivă și flotoamalgamare a unui minereu cu conținut redus în aur.

reprezentarea punctelor aferente experimentărilor de flotație colectivă a piritelor aurifere conținute în minereu a rezultat curba martor *1*. Situîndu-se, în general, deasupra curbei martor, curbele calculate în baza rezultatelor obținute prin flotoamalgamare dovedesc un grad de selectivitate mai ridicat, evidențiindu-se eficiența procedeului.

Efectul selectivității se caracterizează, de asemenea, printr-o creștere corespunzătoare a conținutului concentratelor.

Un alt exemplu de utilizare industrială a flotoamalgamării s-a făcut prin adaptarea fluxului tehnologic de flotație colectivă a unui minereu conținînd pirită auriferă. Schema tehnologică adaptată este redată în figura 7.

Rezultatele comparative obținute prin utilizarea celor două procedee tehnologice, evidențiate prin variația extracțiilor în aur funcție de minereul prelucrat, sînt redate în figura 8.

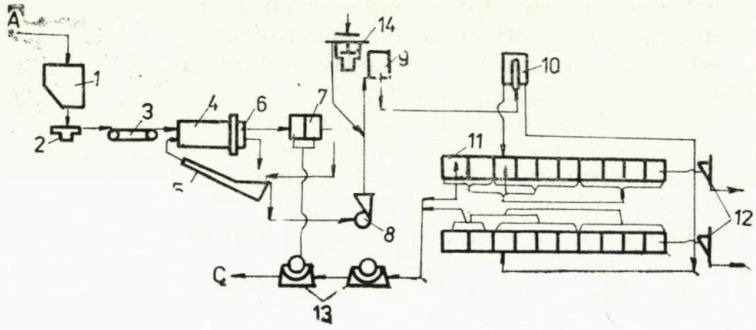



Fig. 7. Fluxul tehnologic al unei linii de flotație colectivă a piritelor aurifere adaptat pentru realizarea flotoamalgamării

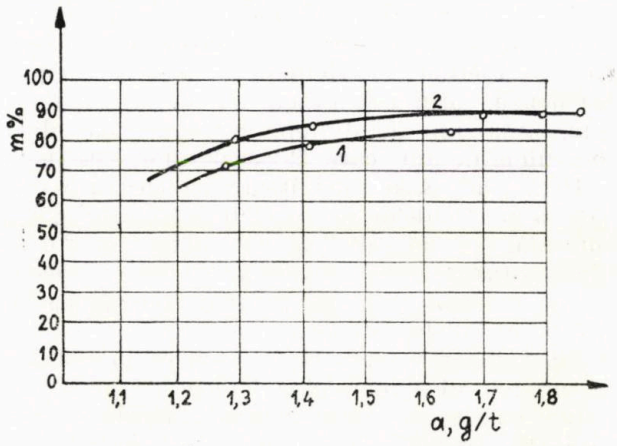



Fig. 8. Variația comparativă a extracțiilor funcție de conținutul în aur al unui minereu conținînd pirită auriferă, prelucrat prin flotație colectivă și flotoamalgamare.

Este de remarcat faptul că extracțiile în aur realizate se mențin la valori ridicate chiar și la conținuturi situate între 1,0 și 1,5 g/t, eficacitatea procedeului menținîndu-se și în aceste intervale de conținuturi scăzute.

Consumul de mercur dispers, cuprins între 2,5 și 4,0 g/t, este suficient pentru a asigura eficiența evidențiată a procedeului.

### IV. Variante noi de scheme tehnologice cuprinzînd flotoamalgamarea pentru concentrarea aurului

Pentru omogenizarea granulometriei minereului în circuitul moară-clasor cît și pentru înălțurarea supramăcinării granulelor de aur

desfăcute din concreşcenţe, a fost elaborată şi utilizată industrial o schemă tehnologică, redată în figura 9, adecvată valorificării unui

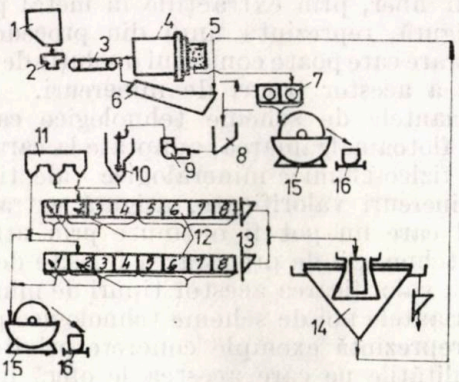


Fig. 9. Schema fluxului tehnologic de flotaţie colectiv-intensivă cu optimizarea granulometriei minereului măcinat

minereu conţinînd preponderent pirită auriferă [4]. În vederea îmbunătăţirii în continuare a rezultatelor obţinute prin utilizarea acestei scheme tehnologice a fost testată posibilitatea adaptării ei pentru realizarea flotoamalgamării. Rezultatele obţinute în urma utilitării acestei scheme, redată în figura 10, au

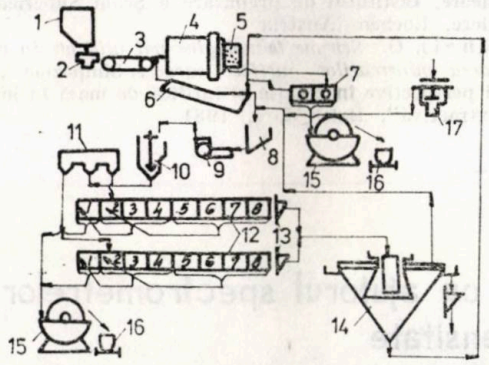


Fig. 10. Schema fluxului tehnologic de flotoamalgamare intensivă cu omogenizarea granulometriei materialului măcinat.

fost evidenţiate comparativ cu cele obţinute prin utilizarea schemei iniţiale de flotaţie intensivă cu omogenizarea granulometriei materialului, prin diagramele conţinut minereu $a$, extracţie în metal $m$, redate în figura 11.

Extracţiile mai ridicate în aur, obţinute prin flotoamalgamare intensivă faţă de flotaţia colectivă în aceleaşi condiţii de optimizare a granulometriei minereului prelucrat, după cum reiese din diagramele cuprinse în figura 11, justifică eficacitatea acestei tehnologii, ea sintetizînd mai bine posibilităţile satisfacerii condiţiilor specifice impuse de caracteristicile fizico-mineralogice ale tipurilor de materiale valorificate.

Pe linia realizării concentrării separate a granulelor grobe de cele fine, a fost utilizată, în ultima vreme, pentru valorificarea unui mi-

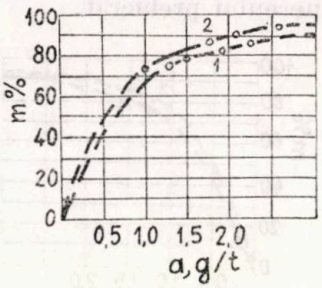



Fig. 11. Diagramele de variaţie a extracţiei în metal funcţie de conţinutul minereului prelucrat prin flotaţie şi flotoamalgamare intensivă cu omogenizarea granulometriei minereului.

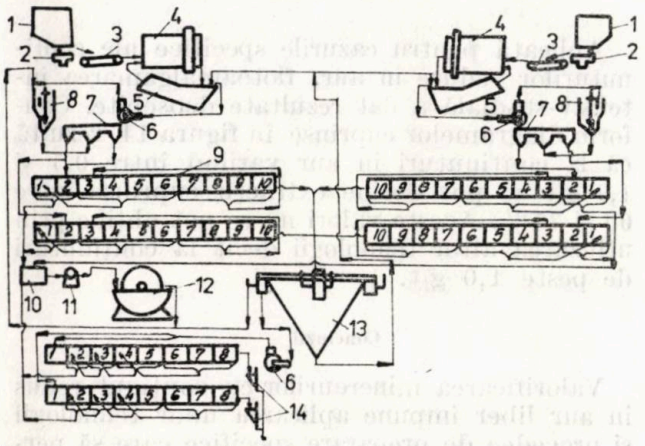


Fig. 12. Schema fluxului tehnologic de flotaţie intensiv-stadială a unui minereu cu conţinut de pirită auriferă.

nereu, conţinînd preponderent pirită auriferă, flotaţia intensiv stadială. În figura 12 este redată schema fluxului tehnologic utilizat. În aceleaşi condiţii a fost încercată modificarea schemei tehnologice pentru utilizarea flotoamalgamării, rezultînd fluxul tehnologic redat în figura 13.

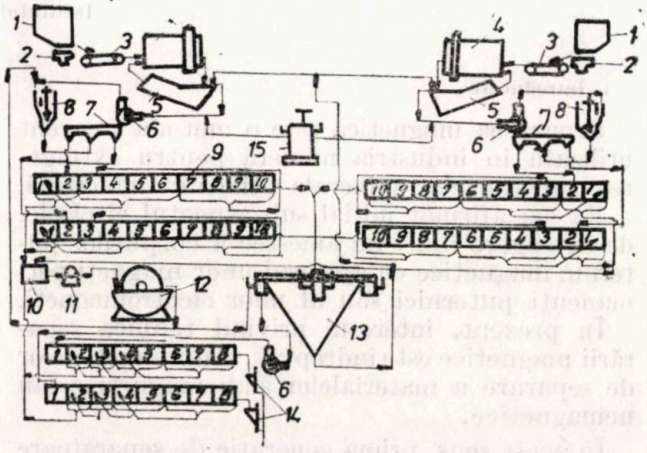


Fig. 13. Schema fluxului tehnologic de flotoamalgamare intensiv-stadială a unui minereu conţinînd pirită auriferă.

Pe baza rezultatelor obținute prin testările industriale au fost întocmite curbele de variație ale extracției în aur (fig. 14) în funcție de conținutul minereului prelucrat.

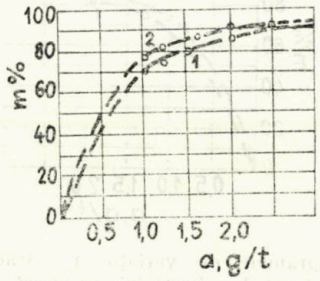



Fig. 14. Curbele de variație conținut-extracție în aur pentru schemele de flotație și flotoamalgamare intensiv-stadială.

Aplicată pentru cazurile specifice ale conținuturilor reduse în aur, flotoamalgamarea intensiv-stadială a dat rezultate deosebite. Conform diagramelor cuprinse în figura 14, rezultă că la conținuturi în aur variind între 0,5 și 1,0 g/t se pot obține extracții cuprinse între 60 și 75%. Aceste valori nu se pot obține prin utilizarea altor tehnologii decît la conținuturi de peste 1,0 g/t.

### Concluzii

Valorificarea minereurilor cu conținut redus în aur liber impune aplicarea unor tehnologii și procedee de preparare specifice care să permită obținerea de extracții corespunzătoare asigurării unei rentabilități economice.

Flotoamalgamarea, ca procedeu specific pentru prepararea minereurilor cu conținut redus de aur liber, prin extracțiile în metal pe care le asigură, reprezintă unul din procedeele de preparare care poate constitui o soluție de valorificare a acestor tipuri de minereuri.

Variantele de scheme tehnologice care cuprind flotoamalgamarea, adaptate la caracteristicile fizico-chimice-mineralogice ale tipurilor de minereuri valorificate, asigură extracții de metal care nu pot fi obținute prin utilizarea altor tehnologii de prepararea folosite de obicei pentru valorificarea acestor tipuri de minereuri.

Variantele noi de scheme tehnologice prezentate reprezintă exemple concrete privitoare la posibilitățile pe care acestea le oferă în realizarea de extracții care asigură valorificarea economică a unor tipuri de minereuri cu conținut redus de aur liber.

### Bibliografie


[1] Dobrescu, L., Kheil, O. *A new proces for extraction of the free gold from low grade ores.* Congresul al XII-lea de preparare, Sao Paolo, Brazilia, 1977

[2] O.S.I.M. *Procedeu și instalație pentru extracția aurului nativ.* Brevet de invenție 64235/28—X—1978

[3] Steiner, H. I. *Curbe limită de selectivitate.* Comunicare, Institutul de preparare a Școlii Superioare Miniere, Loeben—Austria

[4] Kheil, O. *Scheme tehnologice noi utilizate în valorificarea minereurilor aurifere sărace.* Simpozion „Bilanț și perspective în creația științifică de masă în industria extractivă", Baia Mare, 1981


# Separarea substanțelor minerale utile cu ajutorul spectrometrelor ferofluidice de densitate


Conf. dr. **V. Iușan**, asist. **L. Homorodean**
Institutul de Mine Petroșani


### I. Introducere

Separarea magnetică este o metodă frecvent utilizată în industria minieră pentru extragerea substanțelor minerale utile din minereuri.

Ea s-a afirmat inițial sub aspectul ei clasic, de extragere dintr-un amestec a corpurilor puternic magnetice cu ajutorul unor magneți permanenți puternici sau al unor electromagneți.

În prezent, interesul privind tehnica separării magnetice este îndreptat asupra metodelor de separare a materialelor slab magnetice sau nemagnetice.

În acest sens, prima generație de separatoare magnetice, numite separatoare de ordinul întîi sau cu matrice magnetică solidă, include separatoarele care realizează separarea materialelor după susceptibilitatea lor magnetică. Această tehnică a cunoscut, în dezvoltarea ei, trei etape: separarea în cîmp intens (HI), separarea în gradient de cîmp ridicat (HG) și separarea în cîmp intens și gradient de cîmp ridicat (HI—HG) [1].

A doua generație de separatoare magnetice, numite separatoare de ordinul al doilea sau cu fluide magnetice, include separatoarele care realizează separarea materialelor după densitatea lor [2]. În prezent se cunosc două categorii de fluide magnetice: lichidele magnetice (soluții saturate sau topituri ale unor săruri puternic paramagnetice) și ferofluidele (suspen-

sii coloidale ultrastabile de particule feromagnetice în diferite lichide de bază). Separatoarele bazate pe acest principiu se întîlnesc în literatura de specialitate sub două denumiri:

— separatoare magnetohidrostatice (MHS), puse la punct în U.R.S.S. de către Bunin și Andres, care au ca substanță de lucru lichidele magnetice [3—6];

— separatoare magnetogravimetrice (MGS), puse la punct în S.U.A. de către Kaiser, Rosensweig, Reimers și Khalafalla, care au ca substanță de lucru ferofluidele [7—10].

Denumirea comună a celor două tipuri de separatoare este separatoare magnetodensimetrice (MDS).

În prezent, dacă separarea HI-HG a materialelor slab magnetice este o metodă utilizată la scară industrială, metoda MDS nu a reușit să depășească etapa de lucru la scară de laborator. Actualmente se fac încercări de îmbinare a principiilor de lucru al separatoarelor HG și MDS pentru utilizarea la scară industrială a ultimei categorii de separatoare.

La noi în țară există preocupări de utilizare a ferofluidelor în separarea materialelor la Centrul de fizică tehnică și Institutul Politehnic din Iași, la Institutul Politehnic din Timișoara și la Institutul de Mine din Petroșani.

Separatoarele cu ferofluide realizate la Institutul de Mine Petroșani au un principiu de funcționare similar cu al spectrometrelor de masă, fapt ce ne-a determniat să le denumim spectrometre ferofluidice de densitate.

Scopul acestei lucrări este de a expune principalele realizări teoretice și practice obținute de noi în domeniul spectrometriei ferofluidice de densitate.

## II. Probleme teoretice

### 1. *Ecuația de mișcare a unei particule nemagnetice într-un spectrometru ferofluidic de densitate*

Un spectrometru ferofluidic de densitate este format dintr-un magnet permanent sau un electromagnet cu un intrefier de o formă bine determinată, în care se creează un cîmp magnetic neomogen. În intrefier se introduce ferofluidul. O particulă nemagnetică, cufundată în ferofluid, este acționată de diferite forțe: forța gravitațională, forța arhimedică, forța magnetică, forța de frecare etc., care îi imprimă o mișcare dependentă de densitatea particulei și de alte mărimi caracteristice. Pe această bază, tintr-un amestec de materiale de diferite densități, se pot separa materialele după densitatea dor.

Să determinăm legea de mișcare a unei particule nemagnetice într-un spectrometru ferofluidic de densitate.

Asupra unei particule nemagnetice, de densitate $\rho_S$, volum $V$ și suprafață $S$, cufundată într-un ferofluid situat într-un cîmp magnetic neomogen, acționează forța:

$$\vec{F} = \int_V \rho_S \vec{g}\, \mathrm{d}V - \int_S p\, \mathrm{d}\vec{S}, \tag{1}$$

unde $\vec{g}$ este accelerația gravitațională și $p$ — presiunea ferofluidului.

Utilizînd teorema lui Gauss:

$$\int_S p\, \mathrm{d}\vec{S} = \int_V \nabla p\, \mathrm{d}V, \tag{2}$$

relația (1) devine:

$$\vec{F} = \int \rho_S \vec{g}\, \mathrm{d}\vec{V} - \int_V \nabla p\, \mathrm{d}V. \tag{3}$$

$\nabla p$ se poate obține din ecuația de continuitate:

$$\frac{\partial \rho_F}{\partial t} + \nabla(\rho_F \vec{V}_F) = 0 \tag{4}$$

și din ecuația de mișcare a ferofluidului în cîmpul magnetic:

$$\rho_F \left[\frac{\partial \vec{V}_F}{\partial t} + (\vec{V}_F \nabla)\vec{V}_F\right] = -\nabla p + (\eta + \eta_t^*)\nabla^2 \vec{V}_F + \left(\eta_V + \frac{\eta}{3} - \eta_r^*\right)\nabla(\nabla \vec{V}_F) + 2\eta_r^* \nabla x \vec{\omega} + \mu_0 (\vec{M}_F \nabla)\vec{H} + \rho_F \vec{g}, \tag{5}$$

unde:

$\rho_F$ este densitatea ferofluidului;
$\vec{V}_F$ — viteza ferofluidului;
$\eta$, $\eta_V$ și $\eta_r^*$ — coeficienții de vîscozitate;
$\omega$ — viteza unghiulară a particulelor feromagnetice;
$\mu_0$ — permeabilitatea magnetică a vidului;
$\vec{M}_F$ — magnetizarea ferofluidului;
$\vec{H}$ — intensitatea cîmpului magnetic [11].

Dacă ferofluidul este incompresibil, ecuațiile (4) și (5) se reduc la:

$$\nabla \vec{V}_F = 0, \tag{6}$$

$$\rho_F \left[\frac{\partial \vec{V}_F}{\partial t} + (\vec{V}_F \nabla)\vec{V}_F\right] = -\nabla p + (\eta + \eta_r^*)\nabla^2 \vec{V}_F + 2\eta_r^* \nabla x \vec{\omega} + \mu_0 (\vec{M}_F \nabla)\vec{H} + \rho_F \vec{g}. \tag{7}$$

Ţinînd seama de relaţia vectorială $\nabla^2\vec{V}_F = \nabla(\nabla\vec{V}_F) - \nabla x(\nabla x\vec{V}_F)$ şi de ecuaţia (6), ecuaţia (7) poate fi transcrisă sub forma:

$$\rho_F\left[\frac{\partial\vec{V}_F}{\partial t}+(\vec{V}_F\nabla)\vec{V}_F\right]=-\nabla p+\eta\nabla^2\vec{V}_F+$$

$$+2\eta_r^*\nabla_F\times(\vec{\omega}-\vec{\Omega})+\mu_0(\vec{M}_F\nabla)\vec{H}+\rho_F\vec{g}, \tag{8}$$

unde $\vec{\Omega}=\frac{1}{2}\nabla x\vec{V}_F$ este viteza unghiulară a lichidului.

Dacă cîmpul vitezei relative de reacţie a particulelor în lichid este potenţial, adică:

$$\vec{\omega}-\vec{\Omega}=\nabla\Phi, \tag{9}$$

influenţa rotaţiilor interne lipseşte, adică:

$$\nabla x(\vec{\omega}-\vec{\Omega})=0. \tag{10}$$

În aceste condiţii, ecuaţia (8) se reduce la ecuaţia Navier-Stokes:

$$\rho_F\left[\frac{\partial\vec{V}_F}{\partial t}+(\vec{V}_F\nabla)\vec{V}_F\right]=-\nabla p+\eta\nabla^2\vec{V}_F+$$

$$+\mu_0(\vec{M}_F\nabla)\vec{H}+\rho_F\vec{g}. \tag{11}$$

În cazul mişcării staţionare cu numere Reynolds mici, partea stîngă a ecuaţiei (11) este nulă. Atunci, forţa care acţionează asupra particulei nemagnetice este:

$$\vec{F}=\int_V(\rho_S-\rho_F)\vec{g}\,dV-\int_V\eta\nabla^2\vec{V}_F\,dV-$$

$$-\int_V\mu_0(\vec{M}_F\nabla)\vec{H}\,dV. \tag{12}$$

Primul termen reprezintă greutatea aparentă a particulei în ferofluid:

$$\vec{F}_1=(\rho_S-\rho_F)\vec{g}V. \tag{13}$$

Termenul al doilea defineşte forţa de frecare care acţionează asupra particulei în mişcare lentă în ferofluid. Pentru o particulă sferică ea este dată de formula lui Stokes [12]:

$$\vec{F}_2=-6\pi\eta R\vec{v}, \tag{14}$$

unde $R$ este raza particulei şi $\vec{v}$ — viteza particulei.

Termenul al treila reprezintă forţa magnetică care acţionează asupra particulei nemagnetice. Deoarece particulele feromagnetice monodomenice sînt libere din punct de vedere mecanic să se orienteze în direcţia cîmpului magnetic în intervale de timp mici, în comparaţie cu timpii caracteristici de convecţie, direcţia magnetizării unei regiuni de ferofluid coincide întotdeauna cu direcţia cîmpului magnetic local [13]. Atunci:

$$\mu_0(\vec{M}_F\nabla)\vec{H}=\left(\mu_0\frac{M_F}{H}\right)(\vec{H}\nabla)\vec{H}. \tag{15}$$

Utilizînd relaţia vectorială:

$$(\vec{H}\nabla)\vec{H}=\frac{1}{2}\nabla(\vec{H}\cdot\vec{H})-\vec{H}x(\nabla x\vec{H}), \tag{16}$$

pentru lichide slab polarizabile şi slab conductoare ($\nabla x\vec{H}=0$) obţinem:

$$\mu_0(\vec{M}_F\nabla)\vec{H}=\left(\mu_0\frac{M_F}{H}\right)\frac{1}{2}\nabla(\vec{H}\cdot\vec{H})=$$

$$=\mu_0 M_F\nabla H=\mu_0\chi_F H\nabla H, \tag{17}$$

unde:

$\chi_F$ este susceptibilitatea magnetică a ferofluidului;

$\vec{H}$ — intensitatea cîmpului magnetic local.

$\vec{H}$ este suma vectorială dintre intensitatea cîmpului magnetic exterior $\vec{H}_0$ şi intensitatea cîmpului magnetic $\vec{H}'$ provocat de particulele feromagnetice din jurul particulei date:

$$\vec{H}=\vec{H}_0+\vec{H}'. \tag{18}$$

Pentru simplitate se consideră că $H_0\gg H'$, astfel că

$$H\approx H_0. \tag{19}$$

Forţa magnetică este astfel:

$$\vec{F}_3=-\mu_0\chi_F H\nabla H \tag{20}$$

şi tinde să deplaseze particula în sensul în care cîmpul magnetic descreşte.

Prin urmare, forţa care acţionează asupra unei particule sferice, nemagnetice, care se mişcă într-un ferofluid incompresibil, nepolarizabil şi neconductor, situat într-un cîmp magnetic neomogen, este:

$$F=(\rho_S-\rho_F)V\vec{g}-6\pi\eta R\vec{v}-\mu_0\chi_F VH\nabla H. \tag{21}$$

Ea imprimă particulei o acceleraţie dată de relaţia:

$$\vec{a}=\frac{\rho_S-\rho_F}{\rho_S}\vec{g}-\frac{9\eta}{2R^2\rho_S}\vec{v}-\frac{\mu_0\chi_F H\nabla H}{\rho_S}. \tag{22}$$

Deoarece, în majoritatea cazurilor, cîmpul magnetic are o simetrie cilindrică, este convenabil să exprimăm relaţia (22) în coordonate cilindrice : $r$, $\varphi$, $z$, în care :

$$\left.\begin{aligned}\vec{v} &= \dot{r}\vec{e}_r + r\dot{\varphi}\vec{e}_\varphi + \dot{z}\vec{e}_z,\\ \vec{a} &= (\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2)\vec{e}_r + (2\dot{r}\dot{\varphi} + r\ddot{\varphi})\vec{e}_\varphi + \ddot{z}\vec{e}_z,\\ \nabla H &= \frac{\partial H}{\partial r}\vec{e}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial H}{\partial \varphi}\vec{e}_\varphi.\end{aligned}\right\} \quad (23)$$

unde $\vec{e}_r$, $\vec{e}_\varphi$, $\vec{e}_z$ sînt respectiv versorii normalelor suprafeţelor coordonate $r = \text{const.}$, $\varphi = \text{const.}$, $z = \text{const.}$

În cazul în care axa $z$ formează unghiul $\pi - \theta$ cu direcţia verticală, substituind (23) în (22), obţinem :

$$\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2 = \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g \sin\theta \cos\varphi - \frac{9\eta}{2R^2\rho_S}\dot{r} - \frac{\mu_0\chi_F H \frac{\partial H}{\partial r}}{\rho_S}, \quad (24a)$$

$$2\dot{r}\dot{\varphi} + r\ddot{\varphi} = \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g \sin\theta \sin\varphi - \frac{9\eta}{2R^2\rho_S} r\dot{\varphi} - \frac{\mu_0\chi_F H \frac{\partial H}{\partial \varphi}}{r\rho_S}, \quad (24b)$$

$$\ddot{z} = \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g\cos\theta - \frac{9\eta}{2R^2\rho_S}\dot{z}. \quad (24c)$$

Întrucît în majoritatea cazurilor planul $\varphi = 0$ este un plan de simetrie a intrefierului, $\frac{\partial H}{\partial \varphi} = 0$ pentru $\varphi = 0$, astfel încît o soluţie a ecuaţiei (24b) este $\varphi = 0$.

În aceste condiţii, ecuaţiile de mişcare se reduc la :

$$\ddot{r} + \frac{9\eta}{2R^2\rho_S}\dot{r} = \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g \sin\theta - \frac{\mu_0\chi_F H\frac{\partial H}{\partial r}}{\rho_S}, \quad (25a)$$

$$\ddot{z} + \frac{9\eta}{2R^2\rho_S}\dot{z} = \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g\cos\theta. \quad (25b)$$

Soluţia ecuaţiei (25b), cu condiţiile iniţiale $z(0) = z_0$, $\dot{z}(0) = 0$, este :

$$z = z_0 + \frac{2R^2(\rho_S - \rho_F)g\cos\theta}{9\eta}\left[\frac{2R^2\rho_S}{9\eta}\left(e^{-\frac{9\eta}{2R^2\rho_S}t} - 1\right) + t\right]. \quad (26)$$

Pentru $t \ll \frac{2R^2\rho_S}{9\eta}$, soluţia (26) devine :

$$z = z_0 + \frac{1}{2}\frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g \cdot \cos\theta \cdot t^2. \quad (27)$$

Soluţia ecuaţiei (25a) depinde de modul de variaţie a lui $H$ cu $r$. În funcţie de această dependenţă, structurile de cîmp se împart în :

— catadinamice : $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}H}\left(H\frac{\partial H}{\partial r}\right) > 0$ ;

— izodinamice : $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}H}\left(H\frac{\partial H}{\partial r}\right) = 0$ ;

— anadinamice : $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}H}\left(H\frac{\partial H}{\partial r}\right) < 0$.

În spectrometrele cu cîmp catadinamic, forţa magnetică creşte în mărime în direcţia de creştere a intensităţii cîmpului magnetic. În cazul spectrometrelor cu cîmp izodinamic, mărimea forţei magnetice este constantă în spaţiul de separare. În spectrometrele cu cîmp anadinamic, mărimea forţei magnetice scade în direcţia de creştere a intensităţii cîmpului magnetic.

**a.** Spectrometre ferofluidice de densitate cu cîmp catadinamic

Din punct de vedere constructiv, cel mai simplu spectrometru ferofluidic de densitate cu cîmp catadinamic este spectrometrul cu întrefier pană (fig. 1).

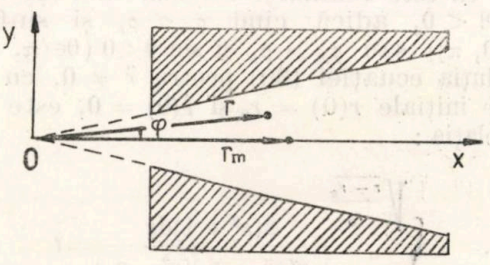



Fig. 1. Configuraţia polilor unui spectrometru ferofluidic de densitate cu intrefier pană

În acest caz, intensitatea cîmpului magnetic în spaţiul de separare variază după legea [14] :

$$\vec{H} = H_m\frac{r_m}{r}\vec{e}_\varphi, \quad (28)$$

unde $r_m$ este raza polară a centrului intrefierului. Substituind (28) în (25a), obţinem :

$$\ddot{r} + \frac{9\eta}{2R^2\rho_S}\dot{r} = \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g\sin\theta + \frac{\mu_0\chi_F H_m^2 r_m^2}{\rho_S}\frac{1}{r^3}. \quad (29)$$

Ecuația (29) nu poate fi integrată exact în cazul general. Pentru $t \ll \frac{2R^2\rho_S}{9\eta}$, ea capătă forma:

$$\ddot{r} = \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S} g \sin\theta + \frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{\rho_S} \frac{1}{r^3}. \quad (30)$$

În cazul în care $\theta = 0, \pi$, soluția ecuației, cu condițiile inițiale $r(0) = r$, $\dot{r}(0) = 0$, este

$$r^2 = r_0^2 + \frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{\rho_S r_0^2} t^2. \quad (31)$$

Eliminînd timpul între ecuațiile (27) (pentru $\theta = 0, \pi$) și (31), obținem ecuația traiectoriei particulei:

$$z - z_0 = \pm \frac{(\rho_S - \rho_F) g r_0^2}{2\mu \chi_F H_m^2 r_m^2} (r^2 - r_0^2), \quad (32)$$

unde semnul + corespunde lui $\theta = 0$, iar semnul — lui $\theta = \pi$. Prin urmare, traiectoria particulei este un arc de parabolă în planul $\varphi = 0$.

În cazul în care $\theta \neq 0, \pi$, ecuația (30) are o soluție de forma:

$$r = -\left[\frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta}\right]^{\frac{1}{3}}, \quad (33)$$

care se obține punînd în (30) $\ddot{r} = 0$. Deoarece $r > 0$, ea este realizabilă numai cînd $(\rho_S - \rho_F) \cdot \sin\theta < 0$, adică cînd $\rho_S < \rho_F$ și $\sin\theta > 0$ ($\theta \in (0, \pi)$) sau $\rho_S > \rho_F$ și $\sin\theta < 0$ ($\theta \in (\pi, 2\pi)$).

Soluția ecuației (30) pentru $\ddot{r} \neq 0$, cu condițiile inițiale $r(0) = r_0$ și $\dot{r}(0) = 0$, este dată de relația:

$$\int_0^{\sqrt{\frac{r - r_0}{r_0}}} \frac{2(s^2 + 1)\,ds}{\sqrt{a(s^2 - p_1)(s^2 - p_2)}} = t \quad (34)$$

unde:

$$a = 2 \frac{\rho_S - \rho_F}{\rho_S r_0} g \sin\theta, \quad (35)$$

$$p_{1,2} = -1 - \frac{1}{4} \frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{(\rho_S - \rho_F) g r_0^3 \sin\theta} \pm$$

$$\pm \sqrt{\frac{1}{4} \frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{(\rho_S - \rho_F) g r_0^3 \sin\theta} \left[\frac{1}{4} \frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{(\rho_S - \rho_F) g r^3 \sin\theta} - 2\right]}. \quad (36)$$

Vom aduce integrala eliptică (34) la forma canonică în diferite cazuri particulare [15, 16].

**1.** $(\rho_S - \rho_F)\sin\theta > 0$, adică $\rho_S > \rho_F$ și $\sin\theta > 0$ ($\theta \in (0, \pi)$) sau $\rho_S < -\rho_F$ și $\sin\theta < 0$ ($\theta \in (\pi, 2\pi)$). În acest caz $a > 0$.

Dacă $\frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{r_0^3} > 8(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta$, atunci $p_1, p_2 < 0$ ($|p_1| < |p_2|$) și ecuația (34) devine:

$$-\frac{2(|p_1| - 1)}{\sqrt{a|p_2|}} F\left(\arcsin\sqrt{\frac{r - r_0}{r + (|p_1| - 1) r_0}}, \sqrt{\frac{|p_2| - |p_1|}{|p_2|}}\right) + \frac{2|p_1|}{\sqrt{a|p_2|}} E\left(\arcsin\sqrt{\frac{r - r_0}{r + (|p_1| - 1) r_0}}, -1, \sqrt{\frac{|p_2| - |p_1|}{|p_2|}}\right) = t, \quad (37)$$

unde:

$$F(\varphi, k) = \int_0^{\sin\varphi} \frac{du}{\sqrt{(1 - u^2)(1 - k^2 u^2)}} \quad (38)$$

este integrala eliptică de speța întîia, iar:

$$E(\varphi, n, k) = \int_0^{\sin\varphi} \frac{du}{(1 + nu^2)\sqrt{(1 - u^2)(1 - k^2 u^2)}} \quad (39)$$

integrala eliptică de speța a treia.

Dacă $\frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{r_0} = 8(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta$, atunci $p_1 = p_2 = -3$ și ecuația (34) devine:

$$\frac{2}{\sqrt{a}} \sqrt{\frac{r - r_0}{r_0}} - \frac{4}{\sqrt{3a}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r - r_0}{3r_0}} = t. \quad (40)$$

În cazul în care $\frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{r_0^3} < 8(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta$, parametrii $p_1$ și $p_2$ sînt numere complexe.

**2.** $(\rho_S - \rho_F)\sin\theta < 0$, adică $\rho_S < \rho_F$ și $\sin\theta > 0$. ($\theta \in (0, \pi)$) sau $\rho_S > \rho_F$ și $\sin\theta < (0 \in (\pi, 2\pi))$. În acest caz $a < 0$.

Dacă $\frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{r_0^2} > |(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta|$, atunci $p_1 > 0$, $p_2 < 0$ și relația (34) devine:

$$-\frac{2(p_1 + 1)}{\sqrt{|a|(p_1 + |p_2|)}} \left[F\left(\arcsin\sqrt{\frac{(p_1 + 1) r_0 - r}{p_1 r_0}}, \sqrt{\frac{p_1}{p_1 + |p_2|}}\right) - K\left(\sqrt{\frac{p_1}{p_1 + |p_2|}}\right)\right] +$$

$$+ \frac{2p_1}{\sqrt{|a|(p_1 + |p_2|)}} \left[D\left(\arcsin\sqrt{\frac{(p_1 + 1) r_0 - r}{p_1 r_0}}, \sqrt{\frac{p_1}{p_1 + |p_2|}}\right) - D\left(\sqrt{\frac{p_1}{p_1 + |p_2|}}\right)\right] = t, \quad (41)$$

unde:

$$K(k) = F\left(\frac{\pi}{2},\ k\right) \tag{42}$$

este integrala eliptică completă de speţa întîia,

$$D(\varphi,\ k) = \int_0^{\sin\varphi} \frac{u^2 du}{\sqrt{(1-u^2)(1-k^2u^2)}} = \frac{F(\varphi,\ k) - E(\varphi,\ k)}{k^2}, \tag{43}$$

$$E(\varphi,\ k) = \int_0^{\sin\varphi} \frac{\sqrt{1-k^2u^2}}{\sqrt{1-u^2}}\, du \tag{44}$$

este integrala eliptică de speţa a doua,

$$D(k) = D\left(\frac{\pi}{2},\ k\right) = \frac{K(k) - E(k)}{k^2}, \tag{45}$$

$$E(k) = E\left(\frac{\pi}{2},\ k\right) \tag{46}$$

este integrala eliptică completată de speţa a doua.

În cazul în care $\frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{r_0^3} = |(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta|$, avem $p_1 = 0$, $p_2 = -\frac{3}{2}$ şi (34) are soluţia:

$$r = r_0. \tag{47}$$

Dacă $\frac{\mu_0 \chi_F H_m^2 r_m^2}{r_0^3} < |(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta|$, atunci $p_1 < p_2 < 0$ şi expresia devine:

$$\frac{2}{\sqrt{|a|\,|p_2|}} F\left(\arcsin\sqrt{\frac{r_0 - r}{|p_1| r_0}},\ \sqrt{\frac{|p_1|}{|p_2|}}\right) - \frac{2|p_1|}{\sqrt{|a|\,|p_2|}} D\left(\arcsin\sqrt{\frac{r_0 - r}{|p_1| r_0}},\ \sqrt{\frac{|p_1|}{|p_2|}}\right) = t. \tag{48}$$

Întrucît integralele eliptice sînt tabelate, forma traiectoriilor poate fi determinată în fiecare caz în parte prin calcul numeric.

**b.** Spectrometre ferofluidice de densitate cu cîmp izodinamic

Un cîmp magnetic izodinamic se poate obţine cu ajutorul unor piese polare de forma celor arătate în figura 2 [14].

În acest caz $H \frac{\partial H}{\partial r} = \text{const.}$ în planul $\varphi = 0$, astfel încît soluţa ecuaţiei (25a), cu condiţiile iniţiale $r(0) = r_0$, $\dot{r}(0) = 0$, este

$$r = r_0 + \frac{2R^2}{9\eta}\left[(\rho_S - \rho_F)\, g \sin\theta - \mu_0 \chi_F H \frac{\partial H}{\partial r}\right]\left[\frac{2R^2 \rho_S}{9\eta}\left(e^{-\frac{9\eta}{2R^2\rho_S} t} - 1\right) + t\right]. \tag{49}$$

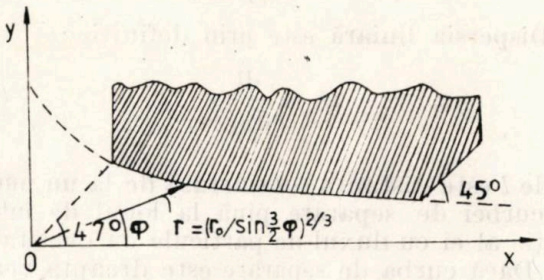



Fig. 2. Configuraţia polilor unui spectrometru ferofluidic de densitate cu cîmp izodinamic

Eliminînd timpul între ecuaţiile (26) şi (49), obţinem ecuaţia traiectoriei particulei:

$$z - z_0 = \frac{(\rho_S - \rho_F)\, g \cos\theta}{(\rho_S - \rho_F) g \sin\theta - \mu_0 \chi_F H \frac{\partial H}{\partial r}} (r - r_0). \tag{50}$$

Prin urmare, traiectoria este o linie dreaptă. Panta dreptei depinde de diferenţa dintre densităţile particulei şi ale ferofluidului.

În cazul în care $\theta = 0, \pi$, ecuaţia (50) se reduce la forma simplă:

$$z - z_0 = \mp \frac{(\rho_S - \rho_F) g}{\mu_0 \chi_F H \frac{\partial H}{\partial r}} (r - r_0), \tag{51}$$

unde semnul $-$ corespunde lui $\theta = 0$, iar semnul $+$ lui $\theta = \pi$.

2. *Mărimile caracteristice ale spectrometrelor ferofluidice de densitate*

Prin analogie cu alte tipuri de spectrometre, spectrometrele ferofluidice de densitate se caracterizează prin mărimile: dispersia unghiulară, dispersia liniară, limita de rezoluţie şi puterea de rezoluţie.

Dispersia unghiulară are sens numai pentru spectrometrele în care traiectoriile particulelor sînt rectilinii. Dacă traiectoriile unor particule cu densităţile $\rho_S$ şi $\rho_S + d\rho_S$ formează între

ele unghiul $d\alpha$, dispersia unghiulară se definește prin relația:

$$D_\alpha = \frac{d\alpha}{d\rho_S}. \tag{52}$$

În cazul spectrometrelor cu cîmp izodinamic, cînd $\theta = 0, \pi$, avem:

$$D_\alpha = \mp \frac{g\mu_0\chi_F H \frac{\partial H}{\partial r}}{\left(\mu_0\chi_F H \frac{\partial H}{\partial r}\right)^2 + (\rho_S - \rho_F)^2 g^2}. \tag{53}$$

Dispersia liniară este prin definiție:

$$D_l = \frac{dl}{d\rho_S}, \tag{54}$$

unde $l$ este distanța considerată de la un punct al curbei de separare pînă la locul de intersecție al ei cu fluxul de particule cu densitatea $\rho_S$. Dacă curba de separare este dreapta verticală $r = r_S = \text{const.}$ cînd $\theta = 0, \pi$, dispersia liniară are forma:

$$D_l = \pm \frac{gr_0^2}{2\mu_0\chi_F H_m^2 r_m^2}(r_S^2 - r_0^2), \tag{55}$$

în cazul spectrometrului cu intrefier pană, și:

$$D_l = \mp \frac{g}{\mu_0\chi_F H \frac{\partial H}{\partial r}}(r_S - r_0), \tag{56}$$

în cazul spectrometrului cu cîmp izodinamic. Se observă că dispersia liniară nu depinde de densitate în acest caz.

Limita de rezoluție se calculează cu relația:

$$\delta\rho_S = \frac{dl}{D_l}. \tag{57}$$

Puterea de rezoluție este dată de expresia:

$$R = \frac{\rho_S - \rho_F}{\delta\rho_S}. \tag{58}$$

Limita de rezoluție și puterea de rezoluție se pot determina pentru cele două tipuri de spectrometre dacă substituim (55) și (56) în (57) și (58).

### III. Experiment

În continuare vom prezenta construcția și rezultatele experimentale obținute de noi cu un spectrometru ferofluidic de densitate cu intrefier pană, cu muchia intrefierului dispusă pe verticală [17].

Dispozitivul experimental (fig. 3) este format din:

— un electromagnet Weiss *1*;

— două piese polare de forma unor prisme drepte cu înălțimea de 12 cm și baza un trapez

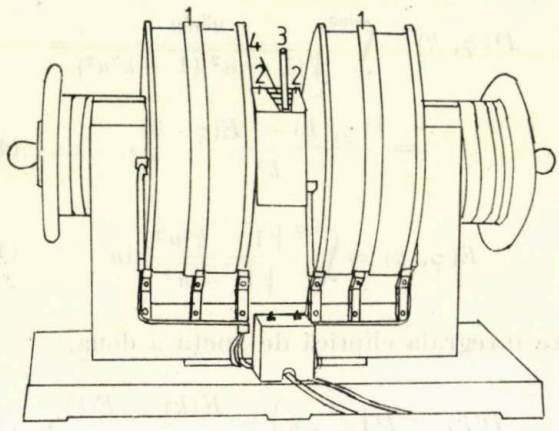



Fig. 3. Construcția spectrometrului ferofluidic de densitate cu intrefier pană

dreptunghic cu baza mare de 2,4 cm, baza mică de 1 cm și înălțimea de 12 cm *2*;

— un tub cilindric pentru introducerea amestecurilor de materiale în spectrometru *3*;

— un colector de materiale cu compartimente *4*.

Cu ajutorul unui teslametru cu sondă Hall s-a măsurat inducția magnetică la diferite distanțe de muchia intrefierului. În figura 4 s-au

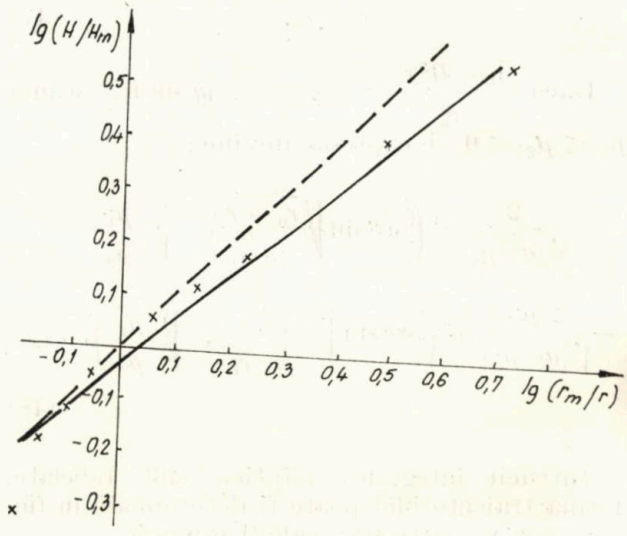



Fig. 4. Graficul funcției $\lg\left(\frac{H}{H_m}\right) = f\left[\lg\left(\frac{r_m}{r}\right)\right]$

reprezentat grafic rezultatele experimentale (curba continuă) și funcția $\lg\left(\frac{H}{H_m}\right) = \lg\left(\frac{r_m}{r}\right)$

(curba întreruptă). Teoria este în concordanță cu datele experimentale.

Cu o sondă formată dintr-un sistem de compartimente dispuse pe verticală s-a determinat punct cu punct traiectoria particulelor, așezînd sonda la diferite distanțe de muchia intrefierului. În figura 5 s-au reprezentat grafic datele experimentale (curba continuă) și funcția (32) (curba întreruptă) pentru $r_0 = 6$ cm, $r_m = 7{,}4$ cm, $\rho_F = 1{,}25 \cdot 10^3$ kg·m$^{-3}$, $\chi_F = 0{,}3$,

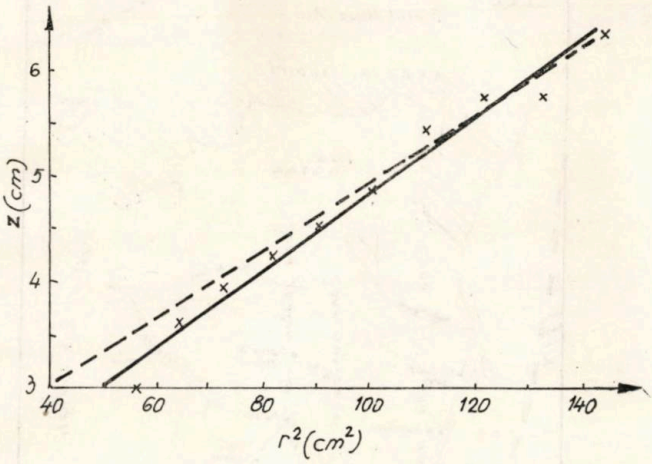



Fig. 5. Graficul funcției $z = f(r^2)$

*Tabelul 1*

**Distribuția cuarțului și galenei în compartimentele spectrometrului**

| | Compartimentul | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | Cuarț (buc.) | — | 2 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| | Galenă (buc.) | — | — | — | — | 1 | 4 | 1 | — | — | — |
| II | Cuarț (buc.) | — | 4 | — | 1 | — | — | — | — | — | — |
| | Galenă (buc.) | — | — | — | — | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | — |
| III | Cuarț (buc.) | — | 4 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| | Galenă (buc.) | — | — | — | — | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |

$\rho_S = 11{,}4$ kg·m$^{-3}$, $B_m = 0{,}21$ $T$. Concordanța dintre teorie și datele experimentale este bună. Micile abateri dintre teorie și experiment se explică prin efectele de margine datorate dimensiunilor finite ale intrefierului.

Capacitatea spectrometrului de a separa amestecurile de materiale s-a testat cu un amestec de cuarț și galenă. În tabelul 1 se arată distribuția cuarțului și galenei în compartimentele spectrometrului, în trei experiențe. Se constată o bună separare a cuarțului și galenei.

### Concluzii

Teoria prezentată dă o imagine generală asupra funcționării spectrometrelor ferofluidice de densitate cu intrefier pană și cu cîmp izodinamic.

Rezultatele experimentale atestă justețea teoriei în cazul spectrometrului cu intrefier pană. Capacitatea acestui spectrometru de a separa amestecurile de materiale deschide mari perspective de utilizare a lui pentru extragerea substanțelor minerale utile nemagnetice din minereuri.

### Bibliografie


[1] Rezlescu, N. ș.a. Studii și cercetări fizice, vol. 32, nr. 7, 1980

[2] Rezlescu, N. și Bădescu, V. Studii și cercetări fizice, vol. 32, nr. 4, 1980

[3] Andes, U., Bunin G. M. Sov. patent, nr. 224413, 1968

[4] Bunin G. M., Liukova, S. A. Gornii jurnal, vol. 147, nr. 3, 1971

[5] Andres, U. Gornii jurnal, vol. 142, nr. 2, 1966

[6] Andres, U., Liukova, S. A. *Magnitnaia gidrodinamica*, vol. 2, 1966

[7] Kaiser, R. U. S. Patent 3 483 968, 1969

[8] Rosensweig, R. E U.S. Patent 3 483 969, 1969

[9] Reimers, G. W. Rohll, S. A., Hhalafalla, S. E. U.S. Patent 3 788 465, 1974

[10] Hhalafalla, S. E. Chem. techn., vol. 5, nr. 9, 1975

[11] Fertman, V. E. *Magnitnîie jidkosti-estestvennaia konvekția i teploobmen*. Izd. Nauka i tehnika, Minsk, 1978

[12] Landau, L. D., Lifșiț, E. M. *Gidrodinamika*. Izd. Nauka, Moskva, 1954

[13] Luca, E. ș.a. *Ferofluidele și aplicațiile lor în industrie*. Ed. tehnică, București, 1978

[14] Andres, U. *Magnetohidrodinamic Magnetohidrostatic methods of mineral separation*. Jon Wiley & Sons, New York — Toronto, Israel Universities Press, Jerusalem, 1976

[15] Fihtenholț, G. M. *Curs de calcul diferențial și integral*, vol. II (trad. din limba rusă), Ed. tehnică, București, 1964

[16] Rîjik, I. M., Gradștein, I. S. *Tabele de integrale, sume, serii și produse* (trad. din limba rusă). Ed. tehnică, București, 1955

[17] Iușan, V., Homorodean, L. „Progrese în fizică". Sesiunea anuală de comunicări, vol. III, Timișoara, 1981

# Geologia şi resursele minerale din R. A. Yemen

Prof. dr. doc. **L. Pavelescu**
Universitatea Bucureşti

## I. GEOLOGIE

Republica Arabă Yemen este situată în partea de sud a Peninsulei Arabe şi ocupă o suprafaţă de circa 195 000 km².

Din punct de vedere morfologic, pe teritoriul R. A. Yemen se pot deosebi trei zone (fig. 1).

**Cîmpia litorală,** cunoscută şi sub numele de zona Tihama, este o cîmpie care se întinde în lungul părţii orientale a Mării Roşii cu o lăţime de aproximativ 30—60 km şi o lungime de circa 400 km. La rîndul ei, în această cîmpie se pot distinge două subzone : prima începe de la malul Mării Roşii şi este formată din depozite marine de vîrstă terţiară sau cuaternară, fiind acoperite, în parte, de depozite eoliene recente ; cea de-a doua se întinde mai în interior şi este formată, îndeosebi, din depozite deltaice, în legătură cu numeroase şi importante văi (wadi), care dispar în cîmpia de coastă. Ea se leagă cu zona muntoasă printr-o zonă tectonică marcată prin numeroase falii.

**Zona muntoasă** ocupă partea vestică a horstului şi face legătura între grabenul Mării Roşii în vest şi deşertul arabic (Rub Al-Khali) în est ; regiunea este străbătută de văi adînci. Altitudinea lanţurilor muntoase din această zonă trece de 1 000 m, ajungînd pînă la 3 760 m (Gabal El-Nabi Shuaib).

Aceste lanţuri muntoase sînt alungite în direacţia NNV—SSE şi sînt separate între ele prin văi adînci, longitudinale sau transversale. Un profil transversal al acestor văi este foarte caracteristic, prin aceea că ele se prezintă ca nişte cîmpii largi de 4—5 km, cu versanţi, în genere, abrupţi.

În cadrul acestei zone muntoase se întind **platouri înalte,** constituind cea de-a treia unitate morfologică. Platourile, a căror altitudine este în jur de 2 500 m, sînt tăiate de văi profunde, cu chei şi al căror profil, spre deosebire de cel al văilor din zonele muntoase, au formă de V. Aceste văi, ca şi cele din zonele muntoase, se pierd în Tihama sau în pustiul dinspre Arabia Saudită, cum este de exemplu Wadi Al Jawf. În genere, rîurile în Tihama şi în zonele muntoase sînt destul de puternice şi drenează apele spre Marea Roşie. Întinderea văilor este relativ mare, astfel de exemplu Wadi Mawar are o lungime de 250 km, Wadi Tihama 220 km, Wadi Zahid 180 km, numai Wadi Al-Jawf adună apele de pe versanţii estici pe care le pierd apoi în nisipurile pustiului Rub-Al-Khali.

Pe unul din aceste platouri acoperit de depozite fluviatile, eoliene sau vulcanice, este amplasată Sana'a (capitala R. A. Yemen), Amran, Al-Harf, Sa'ada şi altele.

Spre est, aceste platouri trec treptat sau prin abrupturi spre pustiul sălbatic al Arabiei Saudite (Rub Al-Khali).

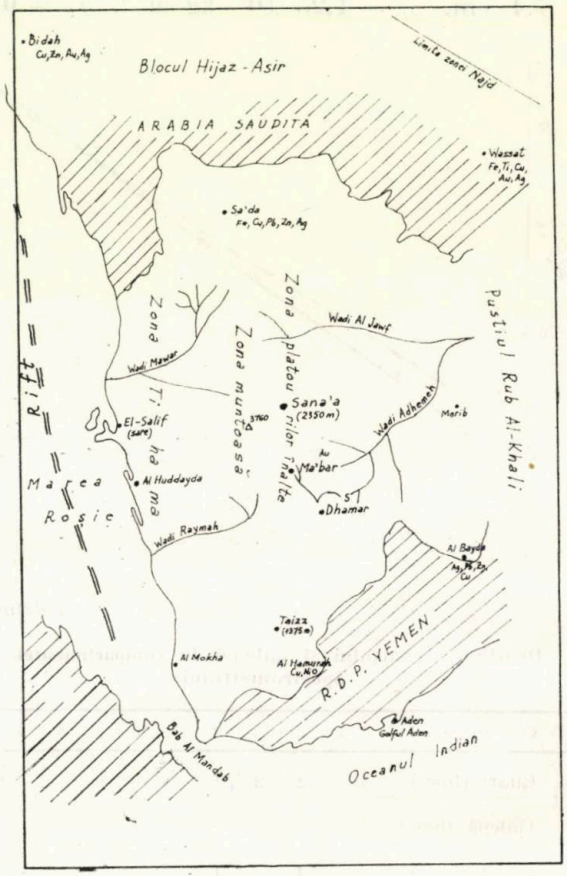



Fig. 1. Schiţa zonelor mineralizate din R. A. Yemen

Din punct de vedere geologic, pe teritoriul R. A. Yemen se separă următoarele unităţi stratigrafice şi tectonice :

—fundamentul precambrian ;
—depozitele sedimentare (ordovician-holocen) ;
—vulcanismul yemenit (seria trapurilor) ;
—magmatismul recent.

1. *Fundamentul precambrian* este format din roci metamorfice şi masive de roci granitoide. Depozitele sedimentare şi vulcanogen-sedimentare de vîrstă precambriană au fost afectate, în ansamblul lor, de un metamorfism epi- şi mezozonal şi, în parte, mezo-catazonal.

Metamorfismul catazonal este reprezentat prin variate tipuri de gnaise şi migmatite. Gnaisele formează uneori platouri vaste şi, din punct de vedere petrografic, faciesul acesta gnaisic prezintă compoziţia granitelor alcaline. Frecvent, ele se asociază cu faciesurile

aplitice și pegmatitice. Faciesul acesta al gnaiselor provine din gnaisificarea unor intruziuni granitice.

În ceea ce privește migmatitele, ele sînt reprezentate, mai ales prin nebulite (diatexite), care trec treptat la granite de anatexie. Metatexitele cuprind gnaise cuarțo-feldspatice, gnaise biotitice și amfibolite. Toate aceste roci sînt puternic injectate de o leucosomă cuarțo-feldspatică. Migmatitele au fost metamorfozate, în genere, în condițiile faciesului amfibolitic.

Faciesul metamorfic mezozonal este reprezentat prin paragnaise, gnaise bogate în granați sau grafit, gnaise cuarțo-feldspatice, șisturi cu sillimanit, gnaise milonitice de compoziție tonalitică, protomilonite, amfibolite, gnaise amfibolice, marmoră. Aspectul general este al unor diferențiate vulcanice și sedimentare străpunse de roci de natură granodioritică pînă la gabbroică. Printre aceste tipuri de roci, sub formă de intercalații, se mai întîlnesc ortognaise, gnaise oculare și migmatite. De fapt, partea inferioară a formațiunii Al Bayda a fost afectată de variate procese de migmatizare. În genere, rocile metamorfozate în condițiile metamorfismului mezozonal sînt intens cataclazate.

Faciesul metamorfic epi-mezozonal. În cadrul acestui facies se deosebesc, pe de o parte, roci metamorfice de origine sedimentară, pe de altă parte, roci metamorfice de origine vulcanogen-sedimentară.

Faciesul metamorfic de origine sedimentară este reprezentat prin șisturi negre care conțin uneori intercalații de dolomite vărgate, închise la culoare, dolomite silicioase și cuarțite negre. Acest facies al șisturilor negre reflectă sedimentele epicontinentale, parțial lagunare sau deltaice. De asemenea, el este reprezentat prin paragnaise cuarțo-feldspatice, cuarțite, șisturi sericitoase, micașisturi, gnaise biotitice, șisturi cloritoase, șisturi carbonatice, strate subțiri de marmoră, metatufuri, metaandezite, șisturi lustrés jaspuri, metaarcoze etc.

Faciesul metamorfic de origine vulcanogen-sedimentară cuprinde metavulcanite, îndeosebi intermediare, șisturi clorito-sericitoase provenite din metatufite cu variate faciesuri litologice, asociate cu metalave, metacherturi acide și intermediare. Uneori, sporadic, apar și metaconglomerate. Rocile acestea de origine vulcanogen-sedimentară apar intim asociate cu intruziuni de granodiorite, andezite porfirice, andezite, dolerite, ca silluri, dyke-uri sau stoke-uri. În stratele inferioare apar riolite potasice, keratofire, trahite, ignimbrite și tufuri cristalizate. Stratele superioare se caracterizează prin metadacite mai mult sodice, ce apar ca silluri.

Formațiunile precambriene se întîlnesc, mai ales, în partea de est și de sud a țării.

Dealtfel, la partea superioară a precambrianului apar granite alcaline și sienite sub formă de dyke-uri, stoke-uri și corpuri de formă circulară. În afară de aceste granite alcaline apar și granite calcoalcaline de culoare roz-cenușie, în genere masive, incluzînd uneori monzonite cuarțifere. Granitele și granodioritele gnaisice apar, de asemenea, sub formă de intruziuni și pot conține dyke-uri mafice cu numeroase septe și incluziuni de șisturi sau gnaise.

Unele din aceste intruziuni sînt sintectonice, altele intertectonice și, în fine, altele — tectonice tîrzii.

Rocile metamorfice formate în condițiile treptelor medii și superioare de metamorfism s-au format la începutul sau în faza secundă a ciclului tectonic Hijaz.

Se pare că dioritele și gabbrourile s-au intrus în timpul fazei secunde a ciclului tectonic Hijaz; tot în această fază a avut loc vulcanismul mafic și s-au format rocile metavulcanice.

Precambrianul se termină cu grupul Thaniya, format din metasedimente asociate cu vulcanite.

2. *Depozitele sedimentare* se repartizează la mai multe serii și grupe, în funcție de vîrsta lor geologică.

Gresiile de Wajid de vîrstă ordoviciană. Formațiunea este constituită din depozite grosiere, de gresii conglomeratice, cu intercalații de pietrișuri. Aceste depozite au fost considerate, pe vremuri, permiene sau chiar mai vechi.

Seria de Kohlan, de vîrstă jurasic inferior, este constituită, la partea ei inferioară, din șisturi verzi, cu benzi de gresii și conglomerate. Uneori, conglomeratele apar și la partea superioară a seriei. Contactul acestei serii cu depozitele jurasicului superior (seria de Amran) se face în mod gradat. În seria de Kohlan este menționată și apariția triasicului, în partea nord-vestică a R. A. Yemen (formațiunea Khums).

Seria Amran, de vîrstă jurasic superior, este formată din calcare, marne epicontinentale, probabil callovian-kimmeridgian, care stau peste jurasicul superior cu zone de tranziție spre gipsuri argiloase, grezoase și marnoase. Primele depozite au început, de fapt, cu transgresiunea bathoniană. În partea extremă, de nord-vest a teritoriului, se dezvoltă depozitele formațiunii Hasifa.

Seria Medj-zir și grupul Tawilah. Între cretacicul nediferențiat și terțiarul inferior se localizează formațiunile constituite din gresii continentale grosiere cu lentile de conglomerate și pietrișuri. Intercalațiile de gresii de la partea inferioară acoperă depozitele jurasice, incluzînd o parte din seria Medj-zir.

3. *Vulcanism yemenit* (seria trapurilor). Seria trapurilor vulcanice acoperă o suprafață vastă în aria scutului Arabo-Nubian. Pe teritoriul R. A. Yemen, acest vulcanism are, în medie,

o grosime de circa 2 000 m. Vulcanismul yemenit se întinde pe o perioadă cuprinsă între terțiar și cretacic. Termenul acesta de vulcanism yemenit înlocuiește termenul, mai general, de seria trapurilor.

La suprafață se întîlnesc lave bazaltice negre, după care urmează tufuri felsitice leucocrate cu curgeri de bazalte negre cu conuri vulcanice, de structură circulară, cu dimensiuni de circa 8 km diametru, mai ales în partea nordică și centrală a teritoriului; urmează apoi un alt orizont format din tufuri, predominant felsitice, cu unele curgeri de lave bazaltice.

La partea inferioară se întîlnesc lave bazaltice cu intercalații de conglomerate felsitice verzui, trahite porfirice și strate subțiri de tufuri.

Acest vulcanism se caracterizează prin episoade explozive și intruzive. Activitatea lui continuă și acum și cuprinde roci alcaline și piroclastite (riolite, comendite, pantellerite, trahite, andezite, bazalte și ankaramite), cu intercalații lenticulare, fluviatile sau lacustre, de nisipuri, argile etc.

La suprafață, acest vulcanism conține, de regulă, un paleosol roșu, de la cîțiva centimetri la cîțiva metri grosime. Aceste bazalte sînt probabil echivalentul rocilor vulcanice din Arabia Saudită, a căror vîrstă este de 25—29 mil. ani.

Formațiunea Baid este de vîrstă pliocenă sau miocenă și este constituită din șisturi silicioase și tufacee cenușii, roșii și verzi și din strate de gresii, calcare și evaporite. În acest sens, menționăm domurile de sare de la Salif, Jabal Qimmah și Jabal Kushah de lîngă Guma. Depozitele sînt, în genere, lipsite de fosile. Ele sînt corelate cu depozitele formațiunii Baid din Arabia Saudită, datorită similitudinii litologice.

Tot miocenului îi sînt atribuite andezitele hipoabisice și diabazele intrusive, precum și stoke-urile și plutonii de granite alcaline, dioritele porfirice și leucogranitele. Ele sînt considerate ca fiind niște lacolite de vîrstă terțiară (de exemplu, corpurile din partea de vest și de la Taizz). Corpul de la Jabal Sabir are $22{,}7 \pm 0{,}9$ mil. ani.

*4. Magmatismul recent*

Între depozitele holocene și pleistocen superioare menționăm, pe lîngă marmo-calcarele galben-verzui, calcare albe, calcarele recifale și gipsuri (de pe insula Kamaran) și depozitele de loess cu concrețiuni calcaroase bogate în fosile (îndeosebi moluște). Fosilele întîlnite, în special pe insula Karmaran, atestă vîrsta pleistocenă. Se întîlnesc, de asemenea, nisipuri eoliene mobile, pînze și dyke-uri bazaltice cu numeroase conuri și cratere împrăștiate în mod neregulat. Ele sînt acoperite pe alocuri cu tufuri și bombe vulcanice. Dealtfel, aceste cratere și conuri atestă un vulcanism recent (holocen), cum sînt de exemplu cîmpurile larg dezvoltate de astfel de formațiuni între Sana'a-Amran, Sirwah-Marib, Dhannar — Rada'a; multe din ele au fost puse în loc în timpuri istorice.

De-a lungul malului Mării Roșii, ca urmare a unor ploi, se formează băltoace cu apă sărată care, prin evaporare, lasă strate de grosimi variabile de sare. Aceste depozite de sare nu se formează decît pe o distanță de cel mult 1 km de la linia fluxului. Dealtfel, tot în lungul zonei litorale solul este impregnat cu sare care, de cele mai multe ori, apare sub formă de eflorescențe albe.

Depozitele aluviale se întîlnesc,atît în zona internă a Tihamei, cît și în partea estică a teritoriului R. A. Yemen, în lungul Wadi Al Jawf, în nordul lui Jabal Bahrab și vestul Wadi Raghwan. De fapt, aceste depozite sînt de vîrstă holocen-pleistocen superior.

Din punct de vedere tectonic, arhitectura teritoriului R. A. Yemen este asemănătoare și face parte din caracteristicile structurale ale Peninsulei Arabe.

Liniile tectonice sînt în strînsă legătură cu grabenul Mării Roșii. Liniile de dislocație sînt dirijate, în genere, spre NNV—SSE, și au determinat marile denivelări verticale. Regiunea muntoasă se prezintă ca un platou întins și întretăiat de văi foarte adînci, care separă compartimentele, a căror suprafață este, în general, înclinată ușor spre SE. În lungul liniilor de dislocație apar uneori curgeri de lave mai recente și chiar conuri vulcanice tinere, încă foarte bine păstrate. Un exemplu ni-l prezintă valea pe care este amplasat orașul Sana'a, care se prezintă ca o adevărată fosă de scufundare, largă de circa 5 km, dirijată NNV—SSE, fiind delimitată la est și la vest de linii de dislocație pe o distanță de circa 100 km.

Din punct de vedere tectonic general, se separă pe de-o parte o tectonică a fundamentului cristalin, precambrian, iar pe de alta, a depozitelor sedimentare, cu caracter, în genere, suborizontal.

Mișcările orogenice au afectat o mare parte a cuverturii. De exemplu, în regiunea cuprinsă între Sharafh și Marib, ele au dat naștere la un mare dom, care plonjează spre nord. Paralel cu grabenul Marea Roșie se formează depresiuni continentale (Al-Jawf) în nord-est, care se leagă cu alte grabene. Aliniamentele tectonice au, din această cauză direcții oblice; aceasta este de exemplu structura grabenului Amran și grabenului secundar între Harib și Marib. Multe grabene secundare, în zona seriei trapurilor (vulcanism yemenit), sînt greu de recunoscut datorită depozitelor fluviale care acoperă total

văile cu aluviuni, cum am menționat mai sus, cele de la Sana'a Jahran Al-Hagl, Al-Janad și altele.

* * *

Din tabelul alăturat se observă că întregul teritoriu al R. A. Yemen se amplasează la vest de limita zonei Najd și corespunde blocului Hijaz-Asir, deci orogenezei Najd și ciclurilor Nijaz și Asir. De aici rezultă că vîrsta absolută a formațiunilor precambriene variază de la >1 000 mil. ani pînă la circa 520 mil. ani.

În ceea ce privește vîrstele absolute, s-a ajuns la concluzia că nu toate mineralele uneia și aceleiași roci sînt de aceeași vîrstă. S-a remarcat că vîrsta unui anumit mineral nu corespunde neapărat cu momentul cristalizării; ea reprezintă timpul cînd temperatura a coborît sub un anumit prag, sub care elementele radiogenice pot scăpa și sub care ele sînt stabilizate. În rocile endogene sau metamorfice există, așadar, un spațiu de timp între momentul cristalizării și cel în care mineralele devin sisteme închise, împiedicînd mișcările elementelor radio-

*Tabelul 1*

**Formațiunile principale precambriene, plutonism și episoade metalogenetice din Scutul Arab (după Fleck et al. 1973)**

| În ansamblu | | Unități | Rocile principale | Roci vulcanice | Episoade tectonice | | Roci plutonice | Vîrste radiometrice (m.a.) | Episoade metalogenetice |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Metaandezite | Nemetamorfozate | Grupul Jubaylah | Roci clastice, secundar roci vulcanice și calcare marine | Andezite, bazalte | Orogeneza Najd | | Granite la granodiorite | 520—540 | Najd (Au—Ag) |
| | | Grupul Shammar | Riolite și secundar roci clastice | Mai ales riolite | Subsidență Shammar | | Granite la granodiorite | ~570 | Al Amar (Zn—Cu—Au) |
| | | Grupul Murdama | Roci clastice și vulcanice, secundar calcare marine | Andezite și riolite | Ciclul orogenic Hijaz | Orogeneza Bishah Cutări NS | Granite la granodiorite și gabbrouri | ~600 | Sayid, Nuqrah) (Cu, Zn, Au, Ag) |
| | | Grupul Halaban | Superior: roci vulcanice silicioase | Dacite și riolite | | Orogeneza Ranyah Cutări NS și deformări prin faliere | Granite la granodiorite | 720—800 | |
| | | | Mediu: andezite și bazalte | Andezite și bazalte | | | | | |
| | | | Inferior: roci clastice și secundar roci vulcanice | Andezite | | | Gabbrouri și diorite | | |
| | | Grupul Jiddah | Roci vulcanice andezitice și secundar roci clastice | Andezite, dacite și bazalte | | Orogeneza Aqiq Cutări NS | Îndeosebi diorite și gabbrouri | ~1 000 | Samran, Bidah (Cu—Zn) Sawawin (Fe) Wassat (Ni—Fe)? |
| Metabazalte, metagrauwacke, metacherturi | | Grupul Bahah | Șisturi verzi, secundar marmore și roci clastice | | Orogeneza Tahamat Cutări NS și metamorfism de șisturi verzi | | Secundar ortoșisturi pe porfire cuarțifere | >1 000 | necunoscut |
| | | Grupul Baish | Roci vulcanice mafice | Bazalt | | | | | |
| Șisturi biotitice, amfibolite și ortognaise | | Grupul Hali | Șisturi biotitice cu granați, cuarțite, amfibolite și marmoră | Bazalt | Orogeneza Asir Cutări și metamorfism pînă la facies amfibolitic | | Ortognaise tonolitice | >1 000 | necunoscut |
| | | Gnaise de Khamis și Mushayt | Ortognaise, paragnaise, șisturi și amfibolite | Bazalt | Orogeneză nedeterminată și metamorfism | | Diorite cuarțifere și monzonite cuarțifere și ortognaise | >1 000 | necunoscut |

active spre exterior. Durata acestei perioade de timp variază cu vîrsta de răcire a mineralului sau cu poziția stratigrafică sau structurală a rocii studiate, mărimea mineralului și perfecțiunea rețelei sale cristaline.

Într-o intruziune mică, spațiul timpului este foarte redus. Din contră, într-un complex metaforic mare și la o adîncime de asemenea mare se estimează că timpul poate să se cifreze la miliarde de ani. Este însă necesar să fie studiate mineralele sau rocile nealterate prin diverse metode (Rb/Sr, K/Ar, U/Pb etc.) și diferitele minerale ale aceleiași roci. Cu ajutorul acestor analize și al celor de tectonostratigrafie (separarea pe teren a ciclurilor orogenice, exprimate prin cutări, metamorfism, filoane granitice, urmate de eroziune) se ajunge la stabilirea corectă a succesiunii evenimentelor geologice. În cazul precambrianului, durata timpurilor se scurge pe zeci de milioane de ani între mișcările tectonice majore și mișcările post-tectonice ale unui ciclu.

Precambrianul african, similar în mare parte cu cel din scutul arabic, cuprinde precambrianul inferior (peste 3 miliarde ani), mediu (între 3 și 2 miliarde ani), superior (între 2 și 1 miliard ani) și terminal (între 1 miliard și 600 mil. ani). În cadrul fiecărui miliard de ani nu sînt excluse 2 sau 3 orogeneze. Semnalarea în precambrianul din partea nordică a R. A. Yemen a stromatolitelor (primele urme de viață) atestă prezența, cel puțin, a precambrianului mediu. În multe regiuni (mai ales africane) se constată că transgresiunea mării cu stromatite succede unei faze detritice.

Dealtfel, precambrianul din scutul arabic aflorează pe o suprafață de peste 800 000 km², la est de Marea Roșie, și constituie jumătatea orientală a scutului Arabo-Nubian. În cadrul lui se disting două serii principale separate printr-o discordanță importantă. Precambrianul mediu este constituit, în totalitate, din roci metamorfice (începînd de la șisturi cloritoase pînă la gnaise). El este cutat și invadat de filoane granitice. Precambrianul superior sau terminal stă pe o mare discordanță pe primul prin intermediul unor metaarcoze și metaconglomerate. Urmează apoi lave, șisturi, mai multe nivele de calcare cu stromatolite apoi noi curgeri de lave. Soclul precambrian a fost erodat și reacoperit de o serie de gresii continentale și marne marine de vîrstă ordoviciană. În absența unei transgresiuni marine mai vechi nu întîlnim decît depozite sedimentare în jurasic. Succesiunea acestor depozite a fost menționată mai sus.

Către finele oligocenului și începutul miocenului au avut loc mișcări tectonice care au dat naștere fosei Mării Roșii, care taie în două vechiul scut Arabo-Nubian. În Yemen și în Asir au fost întîlnite domuri de sare (Salif etc.) și forajele au cules polen determinat ca aparținînd miocenului mediu sau superior. Faliile Mării Roșii sînt foarte importante și au putut fi urmărite pe 40 km ca o faleză submarină de 500 m, accidentată, de la insula Abulat pînă la coastele Arabiei, unde ea continuă printr-o mare falie vizibilă pe 140 km la sud de Yjeddah, ridicînd cuaternarul cîmpiei de coastă. Mișcările de afundare au avut loc lent, datorită acestui fapt diversele compartimente conțin recifi coralieri tabulari, adevărate piscuri de corali înrădăcinați la profunzimi de 500 pînă la 800 m. În același timp, zonele de coastă ale Africii și ale Arabiei se ridică pînă acolo unde se întîlnesc recifi coralieni fosili la cote de +500 m. Pleistocenului, după cum am mai menționat îi aparține activitatea vulcanică de natură bazaltică.

## II. RESURSELE MINERALE

### 1. Mineralizațiile metalifere

a. *Mineralizațiile metalifere legate de rocile plutonice vechi și de rocile sedimentare*

În această grupă au o importanță mai mare mineralizațiile de Pb, Zn, Cu, Au, Ag, Fe și Mn care, de obicei, se întîlnesc în complexele de sulfuri. Ele se găsesc în rocile eruptive plutonice sau metamorfice de vîrstă precambriană.

Aceste mineralizații apar diseminate neregulat și impregnează crăpăturile, cavitățile și încreșturile, fiind cristalizate din soluții hidrotermale și mai noi decît rocile-gazdă. Alteori mineralizațiile apar pe vene sau în venele de cuarț, și au aceeași vîrstă. Cele mai vechi mine din țările arabe, în special din Arabia Saudită, și Yemen, sînt de acest tip. De asemenea se întîlnesc mineralizații sub formă metasomatică prin înlocuire și prin alterare.

b. *Mineralizațiile metalifere din rocile sedimentare*

Aceste mineralizații sînt localizate pe fracturi, falii etc. și sînt reprezentate prin cele de plumb și zinc.

Așa cum am menționat mai sus, R. A. Yemen este amplasată în partea vestică a zonei Najd, în prelungirea blocului Hijaz-Asir din Arabia Saudită. În aceste zone se întîlnesc cele mai importante mineralizații metalifere din Arabia Saudită, cum sînt cele de la Bidah. Pe aliniamentul mineralizației de la Bidah se întîlnește cea de la Sa'da, iar ceva mai la sud este cea de la Al-Bayda și, în special, de la Majna. Mineralizațiile din aceste ultime zone sînt reprezentate prin cele de Cu, Pb, Zn, Ag.

Zăcămîntul de galenă argentiferă de la Majna este localizat în dolomite jurasice în flancul nordic al horstului Jabal Salab, spre grabenul larg din nordul Wadi Jawf.

Legat tot de rocile precambriene, menționăm mineralizațiile de sulfuri de Cu din regiunea

Taizz-Nifan-Al-Hamourah, de la Thamar, Ma'bar etc.

De procesele metasomatice trebuie menţionate şi unele acumulări de oxizi de fier sau de staniu etc.

**2. Mineralizaţii nemetalifere**

Pentru R. A. Yemen, în primul rînd trebuie menţionată sarea, legată de procesele de evaporare a apei Mării Roşii, apoi acumulările de calcare, gips, anhidrit, nisipuri, piatră ponce, bazalte.

În ceea ce priveşte acumulările de petrol, cîmpia litorală Tihama ca şi platforma continentală a Mării Roşii şi în parte pustiul Rub Al-Khali prezintă cele mai propice condiţii de acumulare. Zonele acestea sînt în prelungirea celor din nord, unde sînt cunoscute acumulări foarte importante.

Potenţialul minier al R. A. Yemen este de mare perspectivă, avînd în vedere toţi parametrii mineralogici, magmatici, stratigrafici' geochimici şi tectonici favorabili, însă cercetările sînt încă în fază de tatonare. Pentru aceasta, se impune nişte studii mai sistematice.

**Bibliografie**


[1] Abdel Kadir M. Atia, Hegab O. A., Morsey A. M. — *Copper mineralization in Yemen Arab Republic.* Cairo, 1972

[2] Ali Gaber Alawi — *Brief on : geology of the Yemen Arab Republic and exploration activities.* Sana'a, 1981

[3] Botez, G. — *Rapport définitif sur les études géo-hydrologiques faites en Yemen (Arabie).* Bucureşti, 1912

[4] Grolier, J. Maurice, Overstreet C. William *Geologie map of the Yemen Arab Republic (Sana'a), sc. 1 : 500.000* U.S. Geol. Survey in coop. with Central Planning Org. the M.E. and A. and the Mineral and Petroleum Autority of the Yemen A. R., 1976

[5] Lamare, P. *Observations géologiques sur l'Yemen.* Acad. Sci. Comptes rendus, 176, Paris, 1923.

[6] Lamare, P. *Le volcanisme dans l'Yemen,* Bull. Volcanol. 3/4, Paris, 1925.

[7] * * * *Central Planning Org. of the Yemen Arab Republic.* Statistical Year Book, Yemen Arab Pepublic 1976—1981. Sana'a


# Studiul comparativ al unor substanţe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra ţiţeiurilor de tip Sarmaţian (II)


Prof. dr.ing. **V. Părăuşanu**
lector dr. ing. **Ileana Ponoran**
conf. dr. ing. **Steliana Creţu**
ing. **Petruţa Sîrbu**
asist. dr. chim. **Camelia Călin**
Academia de Studii Economice
ing. **N. Ionescu**
Ministerul Petrolului


**I. Generalităţi**

În prima parte a lucrării s-a urmărit stabilirea metodologiei de lucru şi evidenţierea comportării dezemulsionanţilor clasici şi cei sintetizaţi de autori [1, 2], în cazul ţiţeiului de tip Sarmaţian, cînd cantitatea de apă conţinută în emulsia ţiţei-apă variază în limite foarte largi.

În prezentul studiu, prezentăm datele experimentale cu privire la posibilităţile de dezemulsionare a unor probe de ţiţei Sarmaţian, în condiţii reale, respectiv aşa cum provin din schelă după o predecantare, cu un conţinut de circa 30% şi 9% apă.

Testările efectuate pe ţiţeiul predecantat au urmărit, într-o primă fază, stabilirea eficienţei dezemulsionanţilor care se fabrică în ţară : STN-2, STN-3, E-96, asupra ţiţeiului de tip Sarmaţian obţinut în schelele de la Moineşti. În faza a doua, au fost testate substanţe tensioactive (cationice şi anionice), sintetizate de autori, din materii prime din ţară, precum şi unele produse indigene care, în momentul actual, nu au asigurată o desfacere corespunzătoare.

**II. Partea experimentală**

Testarea dezemulsionanţilor pe probele de ţiţei predecantat, astfel încît să conţină 30% apă şi respectiv 9%, s-a făcut prin metoda cilindrilor gradaţi, prin utilizarea următoarelor concentraţii de dezemulsionant : 0,5 g; 1,5 g; şi 2,5 g/100 ml ţiţei brut.

S-a lucrat într-un regim termic de 30, 50 şi 60°C. La temperatura de 30°C, chiar cu o concentraţie mai mare de dezemulsionant indiferent de tip, nu s-a decantat apă.

Pentru testare s-a procedat în următorul mod : în setul de cilindri gradaţi se introduc 100 ml ţiţei brut, aceştia se montează în baia termostatată (la 50, respectiv 60°C) şi cînd emulsia din cilindru a ajuns la temperatura corespunzătoare, se adaugă, cu ajutorul pipetei, soluţia de dezemulsionant. Conţinutul cilindrilor se agită manual prin răsturnări succesive timp de 2 min. După agitare, cilindrii sînt introduşi spre

decantare în baia de termostatare. Nivelul apei din baia termostatului trebuie să treacă peste nivelul țițeiului din cilindri. Din oră în oră se notează cantitatea de apă separată. Paralel se face proba martor, cînd țițeiul este lăsat să decanteze la diferite temperaturi în lipsa dezemulsionantului.

### III. Rezultate și discuții

Rezultatele experimentale prezentate în tabelul 1 și figura 1 atestă calitățile de dezemulsionanți ale produselor de tip STN și E-96, cît și ale produselor sintetizate și testate de către autori, atît pe amestecuri sintetice țiței-apă salină, cît și pe probe reale. Testările efectuate pe țiței predecantat, la un conținut de la o concentrație de 3 g/100 ml țiței brut, după 3 ore de decantare (fig. 1, 2);

— dezemulsionantul STN-2 are o comportare similară cu a STN-3, la 50°C, separînd 56% din apa conținută în țiței, la 3 g/100 ml țiței și 3 ore de decantare (fig. 3);

— dezemulsionantul E-96 prezintă o eficiență sporită față de dezemulsionanții de tip STN, respectiv la 50°C, în concentrații de 1,5 g/ml țiței brut, după 2 ore separă prin decantare 62% din apa conținută în emulsia de țiței (fig. 4);

— dezemulsionantul cationic C-21— sare cuaternară de amoniu a alchilamidoaminelor grase (fig. 5), sintetizat de autori, prezintă eficiență mai sporită în comparație cu dezemulsionanții

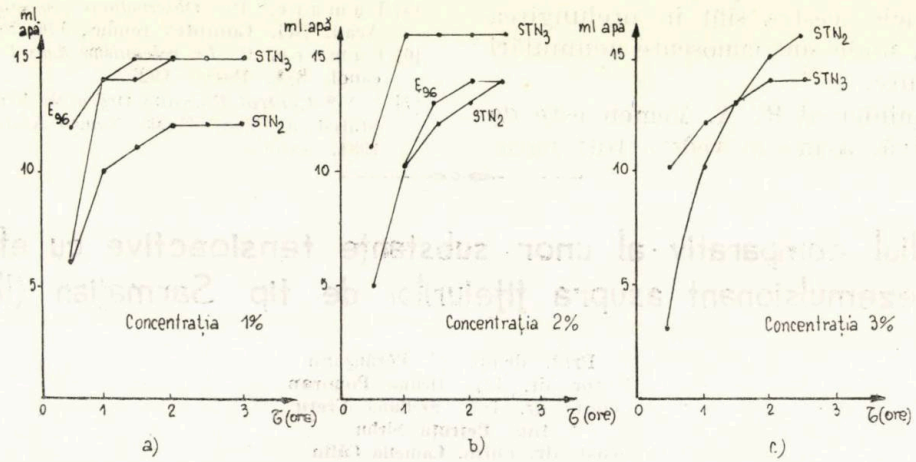



Fig. 1. Curbe comparative privind comportarea dezemulsionanților românești la 50°C și diferite concentrații.

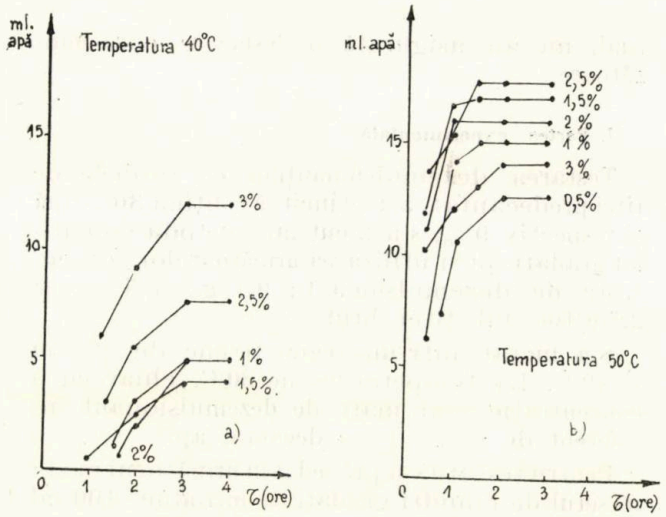



Fig. 2. Variația în timp a cantității de apă separată din țiței.

30% apă, conduc la următoarele rezultate (fig. 1—5):

— dezemulsionantul STN-3 separă 56% din apa conținută în țiței, la temperatura de 40°C, analizați, în concentrații de numai 2 g/ml țiței brut la un timp de decantare de 2 ore.

Din analiza comparativă a datelor experimentale cu privire la dezemulsionarea țițeiului provenit din rezervorul 14 Albotești, Schela

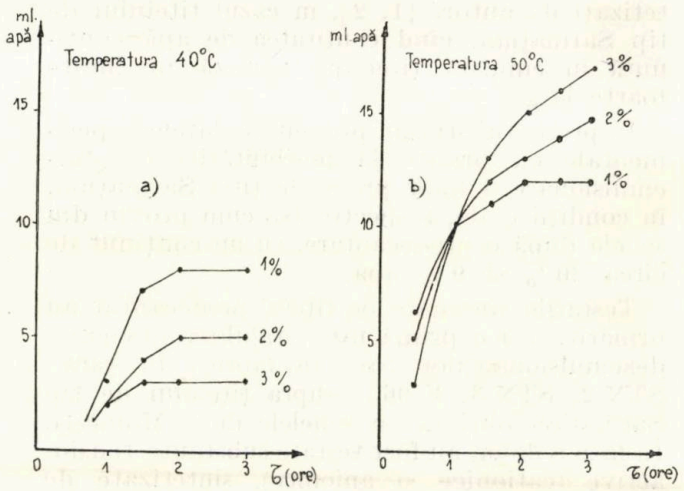



Fig. 3. Variația în timp a cantității de apă separată din țiței cu STN-2.

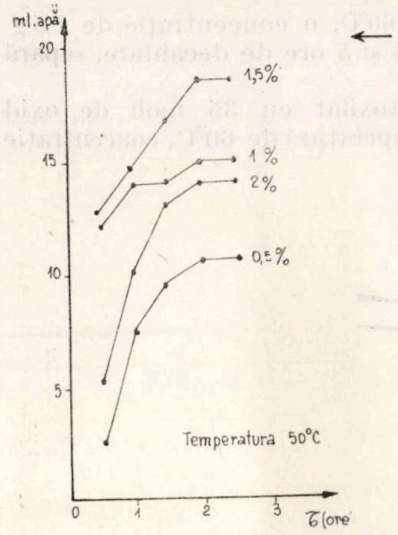



Fig. 4. Variaţia cantităţii de apă separată din ţiţei cu E-96, funcţie de timpul de decantare.

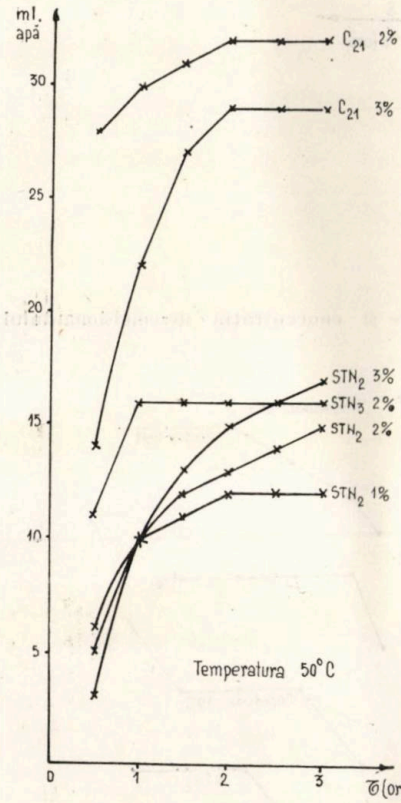



Fig. 5. Curbe comparative de variaţie a cantităţii de apă separată din ţiţei, funcţie de timp, cu diferite concentraţii de dezemulsionanţi.

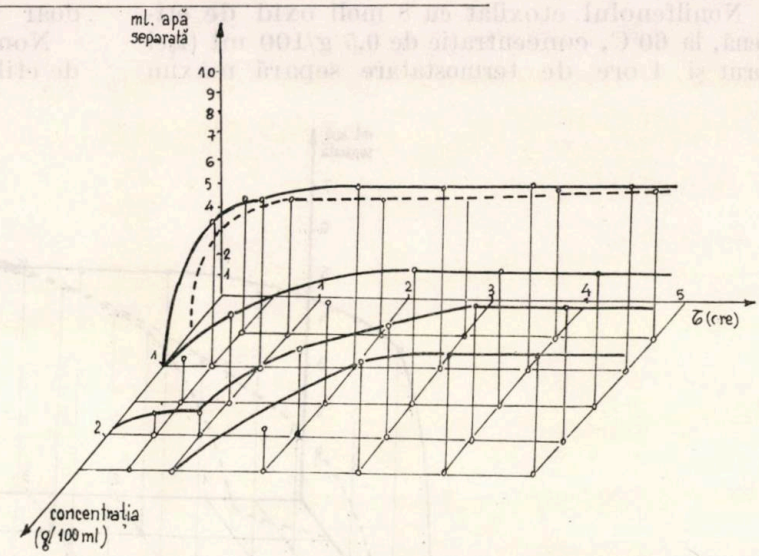



Fig. 6. Dependenţa eficienţei de separare a apei în funcţie de timpul de decantare şi concentraţia dezemulsionantului, pentru E-96 la 50°C.

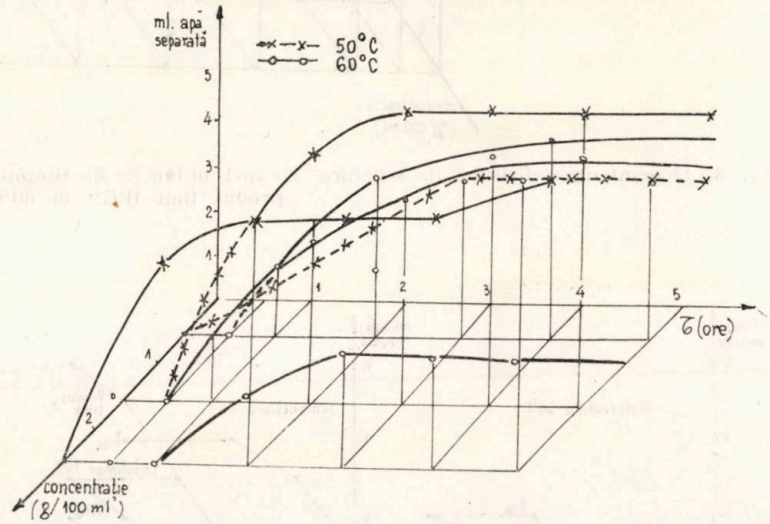



Fig. 7. Dependenţa eficienţei de separare a apei în funcţie de timpul de decantare şi concentraţia dezemulsionantului „Copolimer 10%", la 50 şi 60° C.

Zemeş, cu un conţinut de apă de 8,9%, rezultă comportarea diferenţiată a dezemulsionanţilor, relevată în figurile 6—10.

Eficienţa maximă în procesul de dezemulsionare o prezintă, în acest caz, dezemulsionantul Produs finit (ASE): la o temperatură de 60°C şi o concentraţie de 2,5%/100 ml ţiţei brut şi 3 ore de termostatare se separă 100% apă.

Dezemulsionantul E-96, la o temperatură de 50°C, concentraţie de 1 g/100 ml ţiţei brut şi 3 ore de termostatare separă 90% din apa conţinută în ţiţei, iar la 60°C, concentraţie 1,5 g/100 ml ţiţei brut şi 3 ore de termostatare separă doar 78% din apa conţinută în ţiţei. Concentraţia mai mare de 1,5 g/ml ţiţei brut nu conduce la o sporire a eficienţei procesului de dezemulsionare.

Dezemulsionantul STN-2, la temperatura de 60°C, concentraţia de 1,5 g/100 ml ţiţei brut şi 5 ore de termostatare, separă 73% apă; creşterea concentraţiei peste 1,5 g/100 ml ţiţei brut nu este eficientă, iar tratamentul la temperatura de 50°C nu conduce la separarea apei din emulsia de ţiţei.

Copolimerul 10% la temperatura de 60°, concentraţie de 1,5 g/100ml ţiţei brut si 3 ore de termostatare separă 73% din apa conţinută;

nu se recomandă concentrații mai mari de 1,5 g/100 ml țiței brut.

Nonilfenolul etoxilat cu 8 moli oxid de etilenă, la 60°C, concentrație de 0,5 g/100 ml țiței brut și 4 ore de termostatare separă maxim 73% apă, iar la 60°C, o concentrație de 1,5 g /100 ml țiței brut și 5 ore de decantare, separă doar 67% apă.

Nonilfenolul etoxilat cu 35 moli de oxid de etilenă, la temperatură de 60°C, concentrație

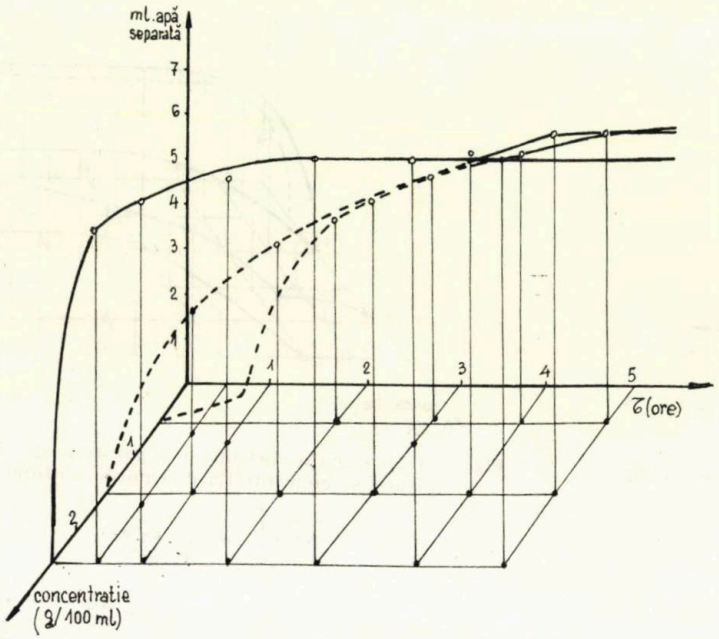



Fig. 8. Dependența eficienței de separare a apei în funcție de timpul de decantare și concentrația dezemulsionantului „produs finit IPG" la 60°C.

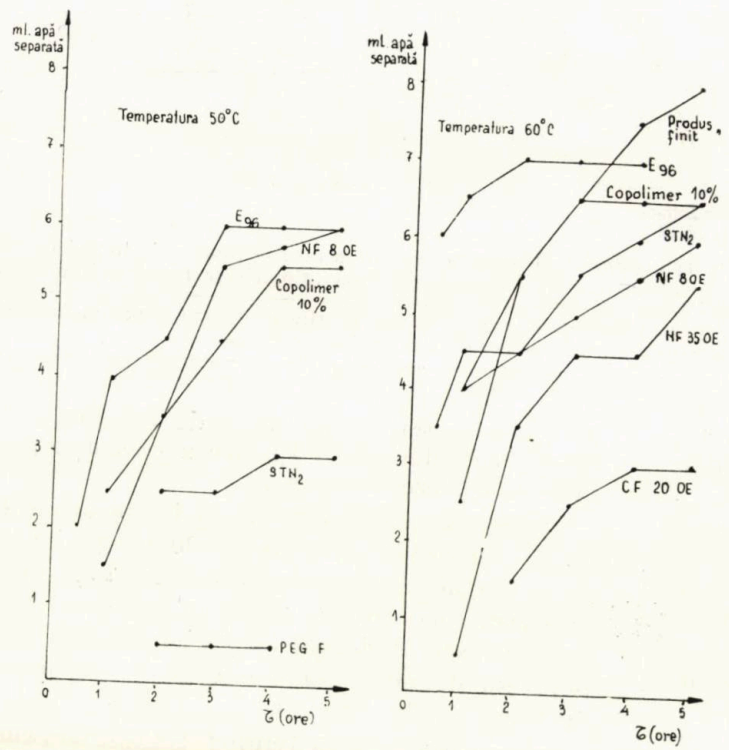



Fig. 9. Variația cantității de apă extrasă din țiței de **diferiți** dezemulsionanți în concentrație de 1,5 g/100 ml țiței **brut.**

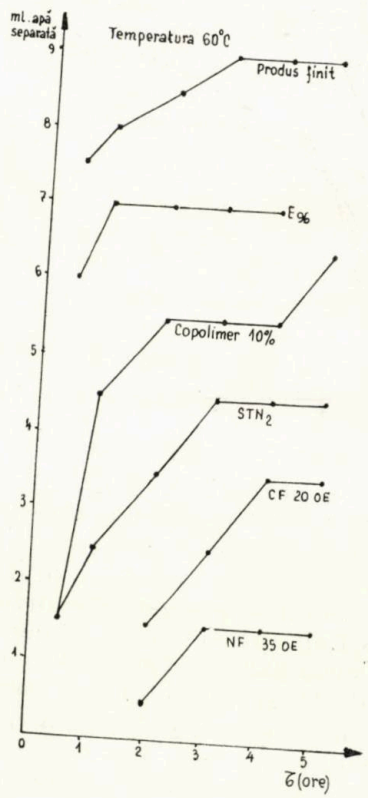



Fig. 10. Variația cantități de apă extrasă din țiței de diferiți dezemulsionanți în concentrație de 2,5 g/100 ml țiței brut.

de 1,5 g/100 ml țiței brut și 5 ore de termostatare, separă maxim 62% apă; o concentrație mai mare de 1,5 g/100 ml țiței nu este eficientă.

Analizînd eficiența diferitelor produse tensioactive testate în procesul de dezemulsionare a țițeiului colectat din rezervorul 11 Albotești, cu 33% apă, rezultă datele din tabelul 1.

O eficiență maximă (92%) se obține cu dezemulsionantul „ester copolimer" și condensatul nonilfenolului (8OE) cu formaldehidă — produse de către autori, în regim termic de 50°C, la o concentrație de 1,5 g/100 ml țiței brut, după 2 ore de decantare.

*Tabelul 1*

**Cantitatea de apă separată, exprimată în ml, din proba de țiței nr. 3 colectată din rezervorul 11 Albotești, Schela Comănești, cu un conținut de apă de 33%**

| Temperatura / Dezemulsionant | Conc., g | 50°C — Timp decantare, h | | | | | | 60°C — Timp decantare, h | | | | | | % apă max. separată față de total conținut |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Probă oarbă | — | — | — | 2 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | — | — | — | — | — | — | 41,6 |
| STN-2 | 0,5 | 6,5 | 7,5 | 8 | 8,5 | 9 | 9,5 | 2,5 | 4,5 | 5,5 | 5,5 | 7 | 7,5 | |
| | 1,5 | — | 2,5 | 11,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | — | — | — | — | — | 7,5 | |
| | 2,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 6,5 | |
| E-96 | 0,5 | 25,5 | 25,5 | 25,5 | 26,5 | 26,5 | 26,5 | 12,5 | 14,5 | 16 | 16,5 | 16,5 | 16,5 | |
| | 1,5 | 15,5 | 17 | 18,5 | 19,5 | 20 | 20 | — | 5,5 | 13 | 16,5 | 19 | 19 | 88 |
| | 2,5 | 16,5 | 18,5 | 19 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 5,5 | 6 | 6 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | |
| E-1 | 0,5 | 21,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 2,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5·5 | 5,5 | |
| | 1,5 | 26,5 | 27 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | — | 92 |
| | 2,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 23,5 | 23,5 | — | — | — | — | — | — | |
| E-2 | 0,5 | 10,5 | 10,5 | 11 | 11,5 | 11,5 | — | 8 | 8 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 15,5 | |
| | 1,5 | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | — | 6,5 | 7 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 38 |
| | 2,5 | 4,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 6,5 | — | 10,5 | 10,5 | 11 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | |
| E-3 | 0,5 | 16,5 | 16,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | — | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 21,5 | 21,5 | |
| | 1,5 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | — | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 75 |
| | 2,5 | 8,5 | 9,5 | 10,5 | 10,5 | 10,5 | — | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | |
| E-4 | 0,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 22,5 | 22,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | |
| | 1,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 21 | 21 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 78 |
| | 2,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 18,5 | 18,5 | 12,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 23,5 | 23,5 | |

*E*-1 — condensat nonilfenol 8OE cu formaldehidă;
*E*-2 — monocloracetat de PEG-200;
*E*-3 — C—21 — sare cuaternară de alchilamidoalchilenamoniu;
*E*-4 — produs IPG (produs finit).

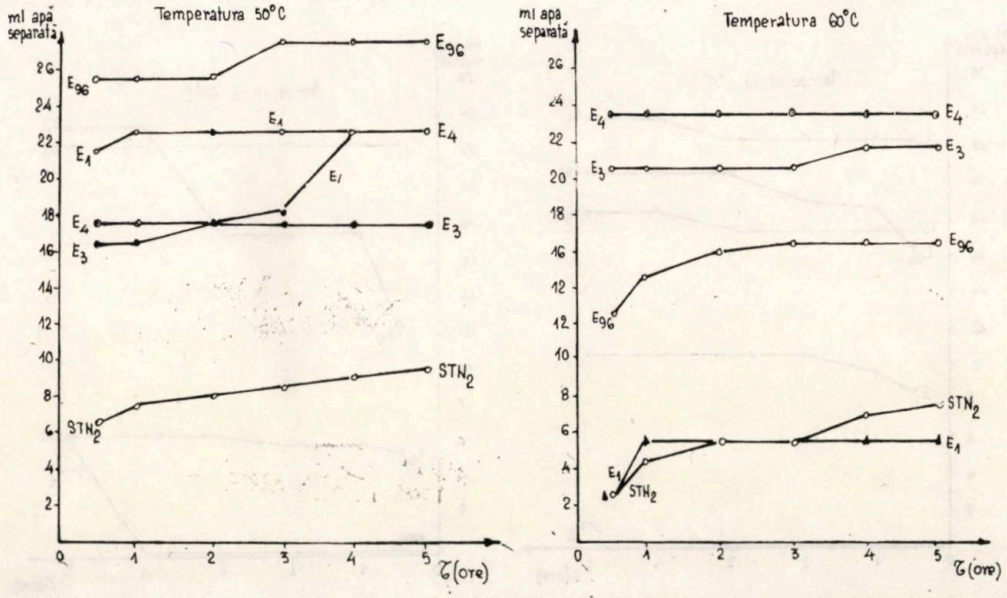



Fig. 11. Variația cantității de apă extrasă din țiței de diferiți dezemulsionanți în concentrație de 0,5 g/100 ml țiței brut.

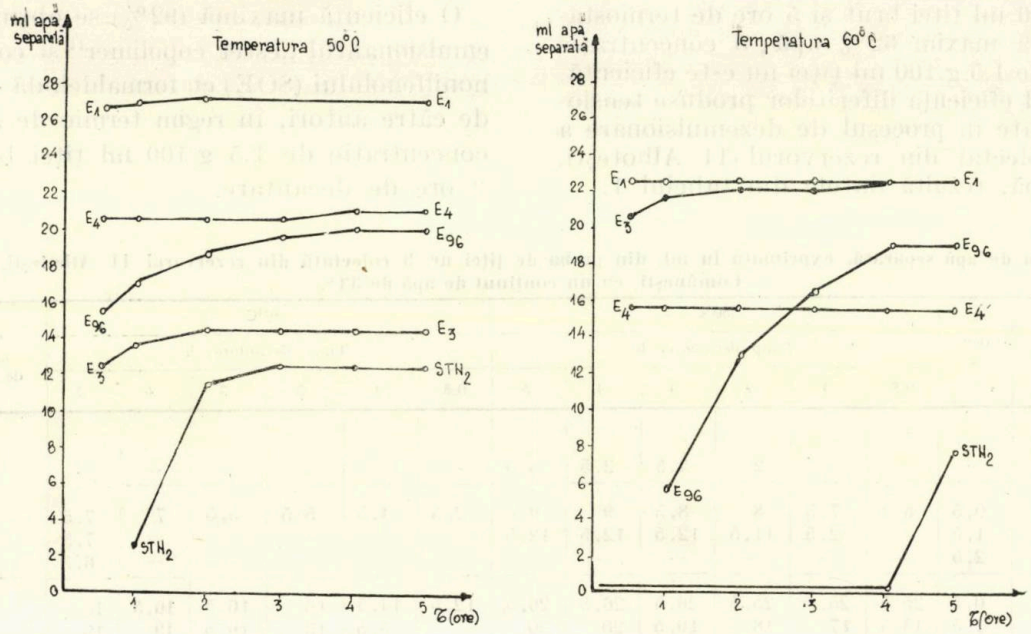



Fig. 12. Variația cantității de apă extrasă din țiței de diferiți dezemulsionanți în concentrație de 1,5 g/100 ml țiței brut.

Dezemulsionantul E-96 separă apa în proporție de 88%, la temperatura de 50°C și concentrație de 0,5 g/100 ml țiței brut, după 3 ore de decantare.

Separări bune se obțin și cu următoarele produse :

— nonilfenol (8OE), la 50°C, $c = 2,5$ g/100 ml țiței brut, după 4 ore, respectiv 81% ;

— ester monoclorurat al PEG 1500 (ASE), la temperatura de 60°C, $c=1,5$ g/100 ml țiței brut și 0,5 ore de decantare (75%);

— condensat cumilfenol (350E) cu forma-l dehidă (ASE), la 60°C, $c = 0,5$ g/100 ml țiței brut, după 1 oră de decantare, respectiv 78% ;

— produs finit, la temperatura de 60°C, $c = 0,5$ g/100 ml țiței brut și 0,5 ore de decantare, respectiv 78% ;

— produs C-21 — sare cuaternară de alchilamidoalchilenamoniu la temperatura de 50°C, $c = 1,5$ g/100 ml țiței brut și 0,5 ore termostatare, respectiv 75%.

În figurile 11—13 se redă grafic efectul comparativ al cîtorva dintre dezemulsionanții testați.

Rezultatele obținute în procesul de dezemulsionare a țițeiurilor de tip Sarmațian, cu diferite concentrații de apă, în prezența tensidelor sintetizate de către autori și a unor dezemulsionanți neutilizați pînă în prezent, sintetizați pe bază de materii prime din țară, sînt superioare celor obținute cu STN-2 în domeniul de concentrații 0,5—1,5 g/100 ml țiței brut, la tem-

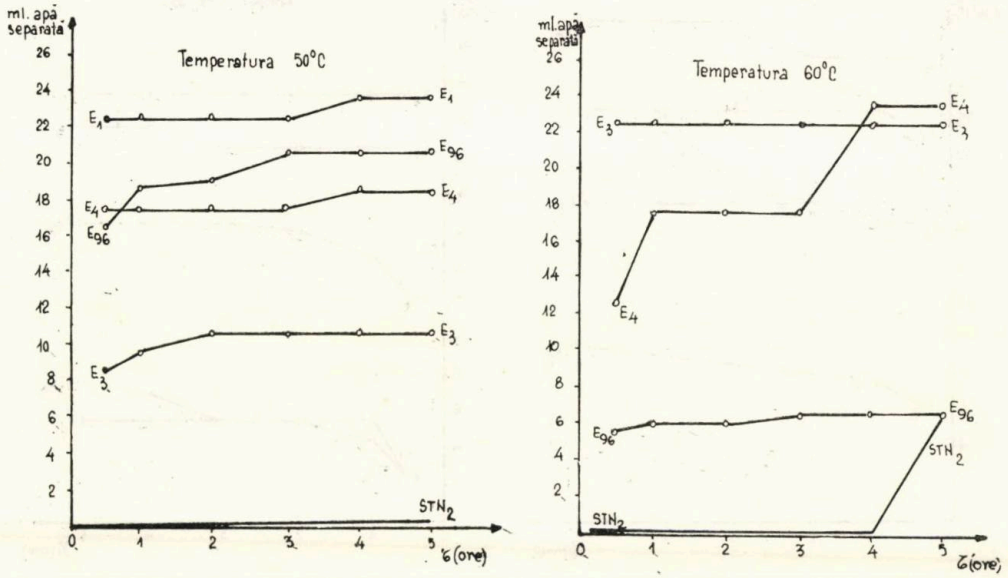



Fig. 13. Variația cantității de apă extrasă din țiței de diferiți dezemulsionanți în concentrație de 2,5 g/100 ml țiței brut.

peraturi 50—60°C și la timp de decantare de 1—2 ore. De aceea considerăm că pentru dezemulsionarea chimică a țițeiului de tip Sarmațian—Schela Moinești—dezemulsionantul STN-2 nu este cel mai indicat.

Testele de dezemulsionare au fost coordonate în paralel cu teste de inhibare a efectului coroziv cînd s-a constatat o eficiență, atît din punctul de vedere al efectului inhibitor de coroziune, cît și a celui de dezemulsionare în cazul produselor (ASE Produs finit, C-20, C-21) sintetizate de autori.

**Concluzii**

Testele efectuate asupra țițeiurilor de tip Sarmațian, cu privire la posibilitatea de creștere a eficienței procesului de dezemulsionare, atestă calitățile de dezemulsionanți ale produselor E-96, cît și a celor sintetizate de către autori, din materii prime indigene, după procedee originale brevetate.

Efectele de dezemulsionare au fost coordonate cu efecte inhibitoare de coroziune și s-au obținut rezultate corespunzătoare pentru unele dintre tensidele sintetizate de către autori.

Testele efectuate pe amestecuri sintetice de țiței brut-apă salină și țiței brut provenit din diferite zone de extracție conduc la concluzia că efectul dezemulsionant optim este dependent de tipul de emulsie, de conținutul de apă, de regimul termic, structura dezemulsionantului, concentrația acestuia cît și de timpul de dezemulsionare în regim termic constant.

**Bibliografie**


[1] Părăușanu, V., Crețu, S., Ponoran I., Ioniță Gh. Brevet R.S.R., 77 539

[2] Crețu S., Drimuș I., Dumitru N., Ponoran I., Ioniță, Gh. Brevet R.S.R. 73 915


# Rezistența elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (III)


Prof. dr. ing. **A. Pavel**

Institutul de petrol și gaze Ploiești


**V. Efectele de contur**

V.1. *Formularea problemei*

Pentru situațiile particulare cu $p_x = p_z = 0$, cînd $I(\varphi) = 0$ și $\Phi(\varphi) = 0$, problemele de contur, enunțate complet în lucrare [3], se rezolvă prin soluționarea sistemului de ecuații diferențiale (21) și (22), care se metamorfozează astfel:

$$\frac{R_2}{R_1}\frac{d^2V}{d\varphi^2}+\left[\frac{d}{d\varphi}\left(\frac{R_2}{R_2}\right)+\frac{R_2}{R_1}\operatorname{ctg}\varphi\right]\frac{dV}{d\varphi}- -\left[\frac{R_1}{R_2}\operatorname{ctg}^2\varphi-\mu\right]V=E\,s\,R_1\,\vartheta; \tag{266}$$

$$\frac{R_2}{R_1}\frac{d^2\vartheta}{d\varphi^2}+\left[\frac{d}{d\varphi}\left(\frac{R_2}{R_1}\right)+\frac{R_2}{R_1}\operatorname{ctg}\varphi\right]\frac{d\vartheta}{d\varphi}- -\left[\frac{R_1}{R_2}\operatorname{ctg}^2\varphi+\mu\right]\vartheta=-\frac{R_1}{D}V. \tag{267}$$

Dealtfel, în lucrarea antecitată [3] se prezintă detaliat numeroase asemenea rezolvări.

Pentru cazul în studiu ($p_z = p \neq 0$, $N_m = 0$ și $v > 0$ spre interior), prelucrarea matematică a ecuațiilor diferențiale (21) și (22) furnizează următoarea ecuație diferențială clasică [13]:

$$\frac{d^4v}{dx^4}+4k_1^4v=\frac{p}{D}, \tag{268}$$

în care (pentru $\mu = 0{,}3$) $k_1 = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}/\sqrt{0{,}5\,D_m\,s} = 1{,}8178/\sqrt{D_m\,s}$, în $mm^{-1}$, reprezintă așa-numitul factor (dimensional) de atenuare.

Soluția generală a ecuației diferențiale (268) este de forma:

$$v=\frac{p\,D_m^2}{4\,E\,s}+C_1\sin k_1x\,sh\,k_1x+ +C_2\sin k_1x\,\mathrm{ch}k_1x+C_3\cos k_1x\,\mathrm{sh}\,k_1x+ +C_4\cos k_1x\,\mathrm{ch}\,k_1x, \tag{269}$$

$C_{1,2,3,4}$ fiind constante de integrare care se determină din condițiile de contur.

V.2. *Stările de solicitare și deplasare-deformare*

V.2.1. Tubulatura

Conform cu [1], dată fiind schema de calcul prezentată în figura 13, rezultă:

$$M_m = -D(d^2v/dx^2); \tag{270}$$

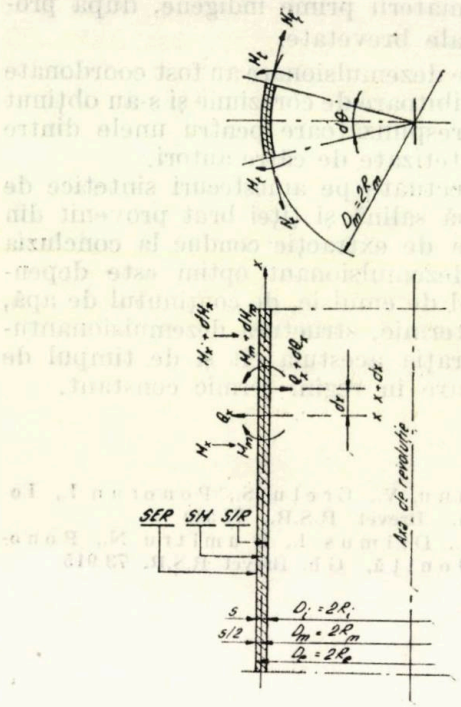



Fig. 13. Schema de calcul evidențiind eforturile (în situația $N_m = 0$) din tubulatura coloanelor de tubare cu diametre mari.

Fig. 14. Panoul tubular neted (dintre cintre) solicitat la presiune exterioară uniformă unilaterală și sarcini ($Q_0$, $M_0$) corespunzătoare efectelor de contur:

$Q_0$ — sarcina (efortul transversal) de contur, în N/mm;
$M_0$ — momentul încovoietor (sau efortul corespunzător) de contur, în (N.mm)/mm.

$$Q_x = dM_m/dx = -D(d^3v/dx^3); \quad (271)$$

$$M_t = \mu M_m; \quad (272)$$

$$N_t = -2E s v/D_m, \quad (273)$$

iar pentru starea de solicitare ilustrată schematic în figura 14 corespunde:

$$v_{x=0} = v_{x=L} = \frac{p D_m^2}{4 E s} - \frac{Q_0 k_1 D_m^2}{2 E s} X_1(k_1 L) - \frac{M_0 k_1^2 D_m^2}{2 E s} X_2(k_1 L); \quad (274)$$

$$\left(\frac{dv}{dx}\right)_{x=0} = \left(\frac{dv}{dx}\right)_{x=L} = \frac{Q_0 k_1^2 D_m^2}{2 E s} X_2(k_1 L) + \frac{M_0 k_1^3 D_m^2}{E s} X_3(k_1 L), \quad (275)$$

în care [13]:

$$\left.\begin{aligned} X_1(k_1 L) &= \frac{\operatorname{ch} k_1 L + \cos k_1 L}{\operatorname{sh} k_1 L + \sin k_1 L}; \\ X_2(k_1 L) &= \frac{\operatorname{sh} k_1 L - \sin k_1 L}{\operatorname{sh} k_1 L + \sin k_1 L}; \\ X_3(k_1 L) &= \frac{\operatorname{ch} k_1 L - \cos k_1 L}{\operatorname{sh} k_1 L + \sin k_1 L}; \\ 2 X_1 X_3 - X_2^2 &= 1. \end{aligned}\right\} \quad (276)$$

Poziționînd s i m e t r i c originea coordonatelor (fig. 14), astfel contururile transversale avînd coordonatele $x = \pm L/2$, din motive de simetrie, constantele de integrare $C_{2,3}$ dispar din ecuația (269), pentru $x = 0$, adică la jumătatea panoului tubular considerat (indice $M$), rezultînd:

$$v_{x=0} = v_M = \frac{p D_m^2}{4 E s} + C_4; \quad (277)$$

$$M_{m\,x=0} = M_{m\,M} = -D(d^2v/dx^2)_{x=0} = -2 k_1^2 D C_1, \quad (278)$$

ceea ce reprezintă un sistem de două ecuații cu numai două necunoscute ($C_{1,4}$). Evident, acestea din urmă se vor exprima în funcție de sarcinile (eforturile) de contur $M_0$ și $Q_0$, conform următoarelor c o n d i ț i i d e c o n t u r:

$$M_{m\,x=L/2} = -D(d^2v/dx^2)_{x=L/2} = M_0; \quad (279)$$

$$Q_{x\,x=L/2} = -D(d^3v/dx^3)_{x=L/2} = Q_0, \quad (280)$$

în final obținîndu-se [1]:

$$v_M = \frac{D_m^2}{4 E s}\left\{p + \frac{4 k_1}{\operatorname{sh} k_1 L + \sin k_1 L} \cdot [M_0 k_1(\operatorname{ch} 0{,}5 k_1 L \sin 0{,}5 k_1 L - \operatorname{sh} 0{,}5 k_1 L \cos 0{,}5 k_1 L) - Q_0 \operatorname{ch} 0{,}5 k_1 L \cos 0{,}5 k_1 L]\right\}; \quad (281)$$

$$M_{m\,M} = \frac{2}{k_1(\operatorname{sh} k_1 L + \sin k_1 L)} \cdot$$

$$\cdot [M_0 k_1 (\operatorname{ch} 0{,}5 k_1 L \sin 0{,}5 k_1 L + \operatorname{sh} 0{,}5 k_1 L \cos 0{,}5 k_1 L) + Q_0 \operatorname{sh} 0{,}5 k_1 L \sin 0{,}5 k_1 L]. \quad (282)$$

V.2.2. Structura tubulară cu cintre

Într-o primă abordare, se impun următoarele condiții:

**a** — cintrele sînt solidarizate cu tubulatura (virolele cilindrice) prin sudură de colț continuă și bilaterală; în consecință, cintrele se comportă ca niște învelișuri cilindrice circulare scurte, solicitate transversal la presiunea exterioară uniformă unilaterală $p$, în N/mm² și la sarcinile de contur transmise de suduri $Q_1$, în N/mm, iar zona de tubulatură conjugată cu cintrele se comportă de asemenea ca învelișuri cilindrice circulare scurte, însă solicitate numai prin sarcinile de contur corespunzătoare $Q_3$ (sarcină transversală), în N/mm și $M$ (sarcină de încovoiere), în (N·mm)/mm (aici presupunîndu-se că $p \to 0$);

**b** — panourile tubulare dintre cintre, considerate ca niște învelișuri cilindrice circulare netede (nerigidizate transversal), sînt solicitate la presiunea exterioară unfiromă unilaterală $p$ și, totodată, prin sarcinile de contur transversală $Q_2$, în N/mm și de încovoiere $M$;

**c** — la joncțiunea cintrelor cu tubulatura coloanei de tubare avînd diametru mare, deformațiile și deplasările elementelor conjugate (cintre-zone tubulare) sînt reciproc compatibile.

În condițiile enunțate, schema de calcul privind stările de solicitare și deformare-deplasare din structura tubulară cu cintre a coloanelor de tubare cu diametre mari, asemănătoare celei preluate de Link [1] din literatura nord-americană, este redată în figura 15. Evident, atunci cînd solidarizarea cintrelor cu tubulatura se realizează prin sudură de colț continuă unilaterală sau discontinuă bilaterală ori unilaterală, condiția **a** trebuie reconsiderată și reformulată ca atare. Se mai menționează, suplimentar, că, în general, condiția **c** nu se asigură sau se asigură foarte dificil în practică, mai ales dacă soluțiile constructive sînt altele decît cele conforme condiției **a**.

Prin urmare, conform figurii 15, o anumită zonă a structurii tubulare, rigidizate transversal cu cintre, s-a descompus în trei elemente de înveliș cilindric circular (*1* — cintru; *2* — panou tubular; *3* — zonă tubulară), sensul pozitiv al sarcinilor transversale fiind cel indicat. Avînd în vedere expresia generală a rotirii $\vartheta = dv/dx$ și ecuațiile (274, 275), rezultă:

— pentru elementul *1* (cintru — indice *1*), cu $p$, $Q_1 \neq 0$ și $M = 0$:

$$(v_1)_{x_1=0} = \frac{p D_{mi}^2}{4 E h_i} + \frac{Q_1 k_{11} D_{mi}^2}{2 E h_i} X_1(k_{11} b_i); \quad (283)$$

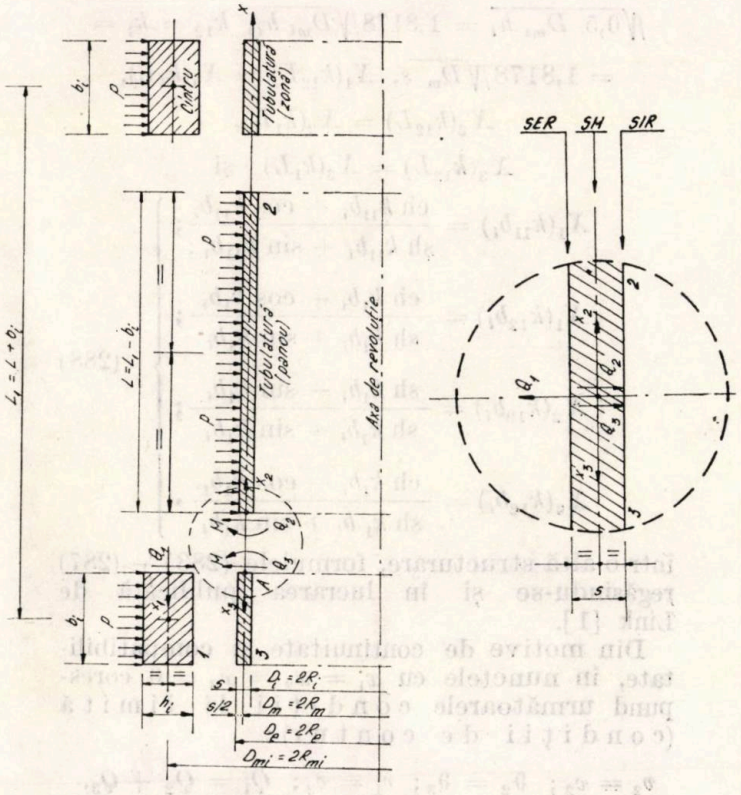



Fig. 15. Schema de calcul cu trei elemente privind stările de solicitare și deformare-deplasare din structura tubulară cu cintre a coloanelor de tubare cu diametre mari.

— pentru elementul *2* (panou tubular — indice *2*), cu $p$, $Q_2, M \neq 0$:

$$(v_2)_{x_2=0} = \frac{p D_m^2}{4 E s} - \frac{Q_2 k_{12} D_m^2}{2 E s} X_1(k_{12} L) - \frac{M k_{12}^2 D_m^2}{2 E s} X_2(k_{12} L); \quad (284)$$

$$(\vartheta_2)_{x_2=0} = \left(\frac{dv}{dx}\right)_{x_2=0} = \frac{Q_2 k_{12}^2 D_m^2}{2 E s} X_2(k_{12} L) + \frac{M k_{12}^3 D_m^2}{E s} X_3(k_{12} L); \quad (285)$$

— pentru elementul *3* (zonă tubulară — indice *3*), cu $Q_3$, $M \neq 0$ și $p = 0$:

$$(v_3)_{x_3=0} = -\frac{Q_3 k_{12} D_m^2}{2 E s} X_1(k_{12} b_i) - \frac{M k_{12}^2 D_m^2}{2 E s} X_1(k_{12} b_i); \quad (286)$$

$$(\vartheta_3)_{x_3=0} = \left(\frac{dv}{dx}\right)_{x_3=0} = \frac{Q_3 k_{12}^2 D_m^2}{2\,E\,s}\,X_2(k_{12}b_i) + \frac{M k_{12}^3 D_m^2}{E\,s}\,X_3(k_{12}b_i), \tag{287}$$

în care (pentru $\mu = 0{,}3$) $k_{11} = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}/\sqrt{0{,}5\,D_{mi}\,h_i} = 1{,}8178/\sqrt{D_{mi}\,h_i}$, $k_{12} = k_1 = 1{,}8178/\sqrt{D_m\,s}$, $X_1(k_{12}L) = X_1(k_1L)$, $X_2(k_{12}L) = X_2(k_1L)$, $X_3(k_{12}L) = X_3(k_1L)$ și

$$\left.\begin{aligned} X_1(k_{11}b_i) &= \frac{\operatorname{ch} k_{11}b_i + \cos k_{11}b_i}{\operatorname{sh} k_{11}b_i + \sin k_{11}b_i};\\ X_1(k_{12}b_i) &= \frac{\operatorname{ch} k_1 b_i + \cos k_1 b_i}{\operatorname{sh} k_1 b_i + \sin k_1 b_i};\\ X_2(k_{12}b_i) &= \frac{\operatorname{sh} k_1 b_i - \sin k_1 b_i}{\operatorname{sh} k_1 b_i + \sin k_1 b_i};\\ X_3(k_{12}b_i) &= \frac{\operatorname{ch} k_1 b_i - \cos k_1 b_i}{\operatorname{sh} k_1 b_i + \sin k_1 b_i}, \end{aligned}\right\} \tag{288}$$

într-o altă structurare, formulele (283) — (287) regăsindu-se și în lucrarea publicată de Link [1].

Din motive de continuitate și compatibilitate, în nunctele cu $x_1 = x_2 = x_3 = 0$ corespund următoarele condiții la limită (condiții de contur):

$$v_2 = v_3;\ \vartheta_2 = \vartheta_3;\ v_1 = v_3;\ Q_1 = Q_2 + Q_3, \tag{289}$$

care se pot valorifica la determinarea sarcinilor de contur necunoscute $Q_1$, $Q_2$, $Q_3$ și $M$ (patru ecuații, patru necunoscute).

Introducînd notațiile lui Link [1], conform cărora:

$$\left.\begin{aligned} X_5 &= X_2(k_{12}L) - X_2(k_{12}b_i);\\ X_6 &= X_3(k_{12}L) + X_3(k_{12}b_i);\\ X_7 &= X_1(k_{12}L) + X_1(k_{12}b_i);\\ X_9 &= X_5^2 - 2\,X_6X_7;\\ X_{10} &= X_1(k_{12}b_i)\,X_5 + X_2(k_{12}b_i)X_7;\\ X_{11} &= 2\,X_1(k_{12}b_i)\,X_6 + X_2(k_{12}b_i)\,X_5;\\ X_{12} &= X_{11}/X_9;\\ X_{13} &= X_1(k_{12}b_i)\,(1 + X_{12}) + X_2(k_{12}b_i)\,X_{10}/X_9, \end{aligned}\right\} \tag{290}$$

din primele două condiții (289) rezultă (pentru $Q_3 = Q_1 - Q_2$):

$$\left.\begin{aligned} 2\,Q_2\,k_{12}X_7 + 2\,Mk_{12}^2X_5 &= p + 2\,Q_1k_{12}X_1(k_{12}b_i);\\ 2\,Q_2\,k_{12}X_5 + 4\,Mk_{12}^2X_6 &= -\,2Q_1k_{12}X_2(k_{12}b_i) \end{aligned}\right\} \tag{291}$$

și rezolvînd sistemul de două ecuații cu două necunoscute ($Q_2$ și $M$), se obține:

$$Q_2 = -\,(k_{12}\,X_9)^{-1}(pX_6 + k_{12}\,Q_1\,X_{11}); \tag{292}$$

$$M = (2\,k_{12}^2\,X_9)^{-1}(pX_5 + 2\,k_{12}\,Q_1\,X_{10}), \tag{293}$$

iar din cea de-a treia condiție (289) — după substituirea mărimilor acum cunoscute $Q_2$ și $M$, respectiv $Q_3 = Q_1 - Q_2$ — rezultă:

$$Q_1 = -\,\frac{p}{2}\,\frac{\dfrac{D_{mi}^2}{h_i} + \dfrac{D_m^2}{s}\,X_{12}}{\dfrac{k_{11}D_{mi}^2}{h_i}\,X_1(k_{11}b_i) + \dfrac{k_{12}D_m^2}{s}\,X_{13}}. \tag{294}$$

Așadar, succesiunea de rezolvare va fi următoarea: $Q_1$ (294) $\rightarrow$ $Q_2$ (292) și $M$ (293) $\rightarrow$ $Q_3 = Q_1 - Q_2$ (289), de fapt, $Q_1$ reprezentînd sarcina, pe unitatea de lungime din circumferința mediană a structurii tubulare cu cintre, introdusă prin intermediul sudurilor de colț continue și bilaterale dintre cintre și tubulatură.

Link [1] atrage atenția că formula (293), întîlnită și în metoda de calcul nordamericană, furnizează valori $M$ prea mici și recomandă o eventuală nouă abordare a problemei de contur pentru coloanele de tubare cu cintre.

Pentru $D_m \rightarrow D_{mi} \rightarrow D_e$, rezultă $k_1 = k_{12} = 1{,}8178/\sqrt{D_e s}$ și $k_{11} = 1{,}8178/\sqrt{D_e h_i}$, respectiv $k_1 = k_{12} = k_{11}\sqrt{h_i/s}$ sau $k_{11} = k_1\sqrt{s/h_i}$, obținîndu-se următoarele formule aproximative:

$$Q_1 = -\,\frac{p}{2}\,\frac{s + h_iX_{12}}{k_1\sqrt{s^3/h_i}\,X_1(k_1\sqrt{sb_i^2/h_i}) + k_1h_iX_{13}}; \tag{295}$$

$$Q_2 = -\,(k_1X_9)^{-1}\,(pX_6 + k_1Q_1X_{11}); \tag{296}$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2; \tag{297}$$

$$M = (2k_1^2X_9)^{-1}(p\,X_5 + 2\,k_1Q_1X_{10}). \tag{298}$$

În punctele 1...8, materializate în figura 16, momentul încovoietor $M \rightarrow M_{1,2,3,4}$ și de-

plasarea radială $v \to v_{1,2,\ldots,8}$ se pot calcula cu următoarele formule, preluate direct după Link [1]:

$$M_1 = -\frac{2Q_1}{k_{11}} \frac{\text{sh } 0{,}5k_{11}b_i \sin 0{,}5\ k_{11}b_i}{\text{sh } k_{11}b_i + \sin k_{11}b_i}; \tag{299}$$

$$M_2 = \frac{p\ X_5}{2\ k_{12}^2 X_9} + \frac{Q_1 X_{10}}{k_{12} X_9}; \tag{300}$$

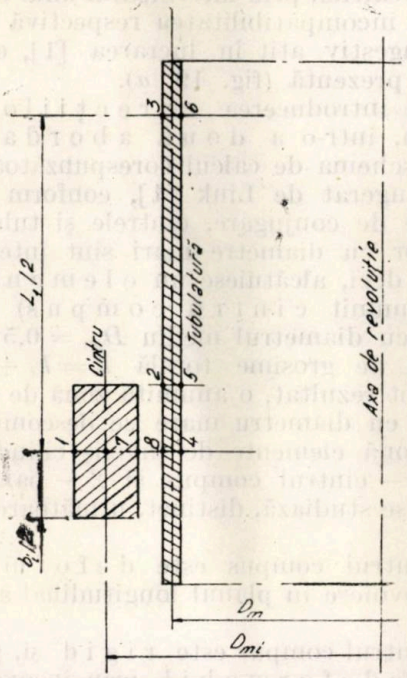



Fig. 16. Nominalizarea unor puncte reprezentative de analiză a stării de solicitare și deformare-deplasare, corespunzătoare efectelor de contur, pentru schema de calcul cu trei elemente.

$$M_3 = \frac{2}{k_{12}(\text{sh } k_{12}L + \sin k_{12}L)} \cdot$$

$$\cdot [M_2 k_{12} (\text{ch } 0{,}5\ k_{12}\ L \sin\ 0{,}5k_{12}L +$$

$$+ \text{sh } 0{,}5k_{12}L \cos 0{,}5k_{12}L] +$$

$$+ Q_2 \text{ sh } 0{,}5k_{12}L \sin 0{,}5k_{12}L]; \tag{301}$$

$$M_4 = \frac{2}{k_{12}(\text{sh } k_{12}b_i + \sin k_{12}b_i)} \cdot$$

$$\cdot [M_2 k_{12} (\text{ch } 0{,}5k_{12}b_i \sin 0{,}5k_{12}b_i +$$

$$+ \text{sh } 0{,}5k_{12}b_i \cos 0{,}5k_{12}b_i) +$$

$$+ Q_3 \text{ sh } 0{,}5k_{12}b_i \sin 0{,}5k_{12}b_i]; \tag{302}$$

$$v_1 = v_7 = \frac{D_{mi}^2}{4\ Eh_i} \cdot$$

$$\cdot \left( p + 4\ Q_1 k_{11} \frac{\text{ch } 0{,}5\ k_{11}b_i \cos 0{,}5k_{11}b_i}{\text{sh } k_{11}b_i + \sin k_{11}b_i} \right); \tag{303}$$

$$v_2 = v_5 = \frac{D_{mi}^2}{4\ Eh_i} [p + 2Q_1 k_{11} X_1 (k_{11}b_i)]; \tag{304}$$

$$v_3 = v_6 = \frac{D_m^2}{4\ Es} \left[ p + \frac{4\ k_{12}^2\ M_2}{\text{sh } k_{12}L + \sin k_{12}L} \cdot \right.$$

$$\cdot (\text{ch } 0{,}5k_{12}L \sin 0{,}5k_{12}\ L -$$

$$- \text{sh } 0{,}5k_{12}L \cos 0{,}5k_{12}L) -$$

$$\left. - 4\ k_{12} Q_2 \frac{\text{ch } 0{,}5k_{12}L \cos 0{,}5k_{12}L}{\text{sh } k_{12}L + \sin k_{12}L} \right]; \tag{305}$$

$$v_4 = v_8 = \frac{D_m^2}{Es} \left[ \frac{k_{12}^2 M_2}{\text{sh } k_{12}b_i + \sin k_{12}b_i} (\text{ch } 0{,}5\ k_{12}b_i \cdot \right.$$

$$\cdot \sin\ 0{,}5k_{12}b_i - \text{sh } 0{,}5k_{12}b_i \cos\ 0{,}5k_{12}b_i) -$$

$$\left. - k_{12} Q_3 \frac{\text{ch } 0{,}5k_{12}b_i \cos 0{,}5k_{12}b_i}{\text{sh } k_{12}b_i + \sin k_{12}b_i} \right]. \tag{306}$$

în care $Q_1 \to (294)$, $Q_2 \to (292)$, $Q_3 = Q_1 - Q_2$ și $M \to (293)$, formulele (300) și (293) fiind, cum era firesc, i d e n t i c e. Pentru $M_0 = M_2$ și $Q_0 = Q_2$, sînt de asemenea i d e n t i c e formulele (305) și (281), respectiv (301) și (282), ceea ce confirmă corectitudinea și rigurozitatea analizei efectuate.

### V.3. *Capacitatea portantă*

Într-un anumit punct de analiză $j = 1, 2, \ldots, 8$ (fig. 16), eforturile unitare inelare $\sigma_{j0v}$, în N/mm², corespunzătoare momentului încovoietor datorit ovalizării $M^\circ$ (formula 244), se determină cu următoarele formule evidente (vezi egalitățile 246 și 251):

— pentru c i n t r e, în punctele $j = 1,7$:

$$\sigma_{j0v} = M^0 e_j / I_{ie} = 0{,}625\ p\ D_{mi} b_i w_{\max}^0 e_j / I_{ie}; \tag{307}$$

— pentru t u b u l a t u r ă, în punctele $j = 2, 4, 5, 8$:

$$\sigma_{j0v} = 0{,}625\ p D_m b_i w_{\max}^0 e_j / I_{ie}; \tag{308}$$

— pentru tubulatură, în punctele $j=3,6$ :

$$\sigma_{j0v} = 0{,}625\ p\ D_m b_i w^0_{\max} e_j / I_{ie} + \\ + 0{,}166\ s^3\ (0{,}5L - 15\ s), \qquad (309)$$

în care $e_j$ reprezintă distanța radială, în mm, a punctului dat $j$ față de fibra neutră a secțiunii (longitudinale) de rezistență, compuse (eficiente), a cintrelor. În literatura de specialitate [1] sînt menționate și alte formule de evaluare a eforturilor uniatre $\sigma_{j0v}$.

Avînd în vedere starea de solicitare și deformare-deplasare din structura tubulară cu cintre (paragraful V.2.2) și, deci, următoarele eforturi unitare inelare parțiale:

$$\sigma_{jv} = 2\ Ev_j / D_j\ ; \quad \sigma_{jM} = 6\ \mu M_j / s_j^2, \qquad (310,\ 311)$$

în care $D_j = D_{mi}$ și $s_j = h_i$ pentru punctele $j = 1, 7$, respectiv $D_j = D_m$ și $s_j = s$ pentru punctele $j = 2, \ldots, 6, 8$, eforturile unitare inelare rezultante $\sigma_{tj}$, în N/mm², vor fi:

$$\sigma_{tj} = \sigma_{j0v} + \sigma_{jv} + \sigma_{jM}, \qquad (312)$$

pentru:

$$A_j = p_j^{-1}\ (\sigma_{jv} + \sigma_{jM}) = p_j^{-1}(2\ Ev_j / D_j + \\ + 6\mu M_j / s_j^2) \qquad (313)$$

și (formula 307)

$$B_j = 0{,}625\ D_{mi} b_i w^0_{\max} e_j / I_{ie}, \qquad (314\ a)$$

respectiv (formula 308):

$$B_j = 0{,}625\ D_m b_i w^0_{\max} e_j / I_{ie}, \qquad (314\ b)$$

sau (formula 309):

$$B_j = 0{,}625\ D_m b_i w^0_{\max} e_j / I_{ie} + \\ + 0{,}166\ s^3 (0{,}5\ L - 15\ s), \qquad (314\ c)$$

la limită ($\sigma_{tj} \to \sigma_{0,2}$) obținîndu-se:

$$p_j\ (A_j + B_j) = \sigma_{0,2}, \qquad (315)$$

astfel că se impune următoarelea condiție de securitate tehnică:

$$p_j < p_{lim\ j} = \frac{\sigma_{0.2} - (\sigma_{jv} + \sigma_{jM})}{B_j}. \qquad (316)$$

Pentru un factor de securitate egal cu 1,5, față de limita tehnică de curgere $\sigma_{0,2}$, evident, corespunde restricția:

$$p_j \leqslant p_{aj} = \frac{0{,}666\ \sigma_{0.2} - (\sigma_{jv} + \sigma_{jM})}{B_j}, \qquad (317)$$

utilizabilă ca atare în practică.

Așadar, evaluarea capacității portante a coloanelor de tubare cu diametre mari, folosind ecuații de forma și tipul (315)—(317), implică utilizarea metodei iterației.

V.4. *Corecții privind stările de solicitare și deplasare-deformare*

Așa cum s-a precizat, anticipativ, în paragraful V.2.2, de regulă, condiția **c** nu se poate îndeplini, incompatibilitatea constînd în aceea că deplasările radiale calculate, orientate înspre interior, ale cintrelor sînt mai mari decît cele ale tubulaturii, în limitele zonelor de conjugare. Dealtfel, prin intermediul unui exemplu numeric, incompatibilitatea respectivă se ilustrează sugestiv atît în lucrarea [1], cît și în lucrarea prezentă (fig. 19 *a*).

Pentru introducerea corecțiilor care se impun, într-o a doua abordare, se acceptă schema de calcul corespunzătoare modelului sugerat de Link [1], conform căruia, în zonele de conjugare, cintrele și tubulatura coloanelor cu diametre mari sînt interdependente și, deci, alcătuiesc un element unitar (denumit cintru compus) de lungime $b_i$, cu diametrul mediu $D_{mi} = 0{,}5\ (D_{ei} + D_i)$ și de grosime totală $h = h_i + s$ (fig. 17). Drept rezultat, o anumită zonă de coloană tubulară cu diametru mare se descompune în numai două elemente de înveliș cilindric circular (*1* — cintrul compus și *2* — panoul tubular) și se studiază, distinct, următoarele două cazuri*:

*1* — cintrul compus este deformabil prin încovoiere în planul longitudinal al structurii;

*2* — cintrul compus este rigid și, prin urmare, nedeformabil prin încovoiere în planul antepreczat.

V.4.1. Cazul cintrelor compuse deformabile

Pentru ($\mu = 0{,}3$):

$$k_1 = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)} / \sqrt{0{,}5\ D_{mi}\ h} = \\ = 1{,}8178 / \sqrt{D_{mi}\ h}\ ; \qquad [\text{mm}^{-1}] \qquad (318)$$

$$k_2 = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)} / \sqrt{0{,}5\ D_m\ s} = \\ = 1{,}8178 / \sqrt{D_m\ s}\ ; \qquad [\text{mm}^{-1}] \qquad (319)$$

$$A_1 = \frac{k_1 D_{mi}^2}{2\ h} X_1(k_1 b_i) + \frac{k_2\ D_m^2}{2\ s} X_1(k_2 L)\ ; \qquad (320)$$

---

* Oricum, încovoierea, în planul longitudinal al structurii tubulare cu cintre, a cintrelor compuse (cu grosimea $h > h_i$) este mai mică decît cea a cintrelor propriu-zise (cu grosimea $h_i < h$), care, la rîndul său, este cu mult mai mică decît cea a panourilor tubulare (cu grosimea ($s \ll h_i$).

$$A_2 = -\frac{k_1^2 D_{mi}^2}{2h} X_2(k_1 b_i) + \frac{k_2^2 D_m^2}{2s} X_2(k_2 L); \quad [\text{mm}^{-1}] \tag{321}$$

$$A_3 = \frac{k_1^3 D_{mi}^2}{h} X_3(k_1 b_i) + \frac{k_2^3 D_m^2}{s} X_3(k_2 L); \quad [\text{mm}^{-2}] \tag{322}$$

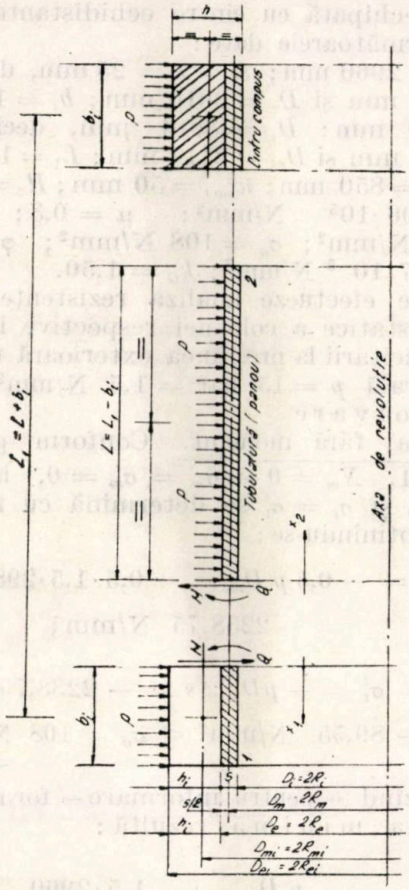



Fig. 17. Schema de calcul cu două elemente privind stările de solicitare și deformare-deplasare din structura tubulară cu cintre a coloanelor de tubare cu diametre mari.

$$C = D_m^2/4\,s - D_{mi}^2/4\,h, \quad [\text{mm}] \tag{323}$$

în care funcțiile $X_1$, $X_2$ și $X_3$ se calculează — — pentru argumente corespunzătoare, $(k_1 b_i)$ sau $(k_2 L)$ — cu formulele (276), din condițiile la limită (de contur) în punctele $x_1 = x_2 = 0$:

$$v_1 = v_2; \quad \vartheta_1 = \vartheta_2, \tag{324}$$

rezultă următorul sistem de două ecuații cu două necunoscute ($Q$ și $M$):

$$A_1 Q + A_2 M = Cp; \quad A_2 Q + A_3 M = 0, \tag{325}$$

a cărui rezolvare furnizează următoarele soluții [1]:

$$Q = -\frac{C A_3}{A_2^2 - A_1 A_3} p; \quad M = \frac{C A_2}{A_2^2 - A_1 A_3} p, \tag{326, 327}$$

cu $Q$ în N/mm și $M$ în (N·mm)/mm.

V.4.2. Cazul cintrelor compuse rigide (nedeformabile)

Din noile condiții la limită (de contur) în punctul $x_1 = x_2 = 0$:

$$(v_2)_{x_2=0} = v_1; \quad (\vartheta_2)_{x_2=0} = 0, \tag{328}$$

aici $v_1$ reprezentînd deplasarea radială corespunzătoare cintrului compus, în ansamblul său, rezultă următorul sistem nou de două ecuații cu două necunoscute ($Q$ și $M$):

$$\left.\begin{aligned} &\frac{D_m^2}{4s}\,[p - 2k_2^2 X_2(k_2 L) M - \\ &- 2k_2 X_1(k_2 L) Q] = \frac{D_{mi}^2}{4h}\left(p + \frac{2Q}{b_i}\right); \\ &2k_2 X_3(k_2 L) M + X_2(k_2 L) Q = 0, \end{aligned}\right\} \tag{329}$$

prin rezolvarea căruia se obțin soluțiile [1]:

$$Q = p\,b_i \frac{C X_3(k_2 L)}{k_2 b_i D_m^2/4s + 2X_3(k_2 L) D_{mi}^2/4h}; \quad [\text{N/mm}] \tag{330}$$

$$M = -\frac{Q}{2k_2} \frac{X_2(k_2 L)}{X_3(k_2 L)}. \quad [(\text{N.mm})/\text{mm}] \tag{331}$$

V.4.3. Starea de solicitare și deplasare-deformare corectată

Pentru punctele reprezentative de analiză ($j = 1, 2, \ldots, 6$), materializate în figura 18, conformă cu [1], rezultă:

$$v_2 = v_5 = \frac{D_m^2}{4Es}\,[p - 2k_2^2 M_2 X_2(k_2 L) - \\ - 2k_2 Q_2 X_1(k_2 L)]; \quad [\text{mm}] \tag{332}$$

$$M_3 = \frac{2}{k_2(\text{sh}\,k_2 L + \sin k_2 L)}\,[M_2 k_2 (\text{ch}\,0{,}5\,k_2 L \cdot \\ \cdot \sin 0{,}5k_2 L + \text{sh}\,0{,}5k_2 L \cos 0{,}5k_2 L) + \\ + Q_2 \,\text{sh}\,0{,}5k_2 L \sin 0{,}5k_2 L]; \quad [(\text{N.mm})/\text{mm}] \tag{333}$$

$$v_3 = v_6 = \frac{D_m^2}{4Es}\left[p + 4k_2^2\, M_2 \cdot \right. \\ \cdot \frac{\text{ch}\,0{,}5k_2 L \sin 0{,}5k_2 L - \text{sh}\,0{,}5k_2 L \cos 0{,}5\,k_2 L}{\text{sh}\,k_2 L + \sin k_2 L} - \\ \left. - 4k_2\, Q_2 \frac{\text{ch}\,0{,}5k_2 L \cos 0{,}5k_2 L}{\text{sh}\,k_2 L + \sin k_2 L}\right]; \quad [\text{mm}] \tag{334}$$

$$M_1 = \frac{2/k_1}{\operatorname{sh} k_1 b_i + \sin k_1 b_i} \cdot$$

$$\cdot [M_2 k_1 (\operatorname{ch} 0{,}5 k_1 b_i \sin 0{,}5 k_1 b_i +$$

$$+ \operatorname{sh} 0{,}5 k_1 b_i \cos 0{,}5 k_1 b_i) - Q_2 \operatorname{sh} 0{,}5 k_1 b_i \cdot$$

$$\cdot \sin 0{,}5 k_1 b_i]; \qquad [(\mathrm{N} \cdot \mathrm{mm})/\mathrm{mm}] \quad (335)$$

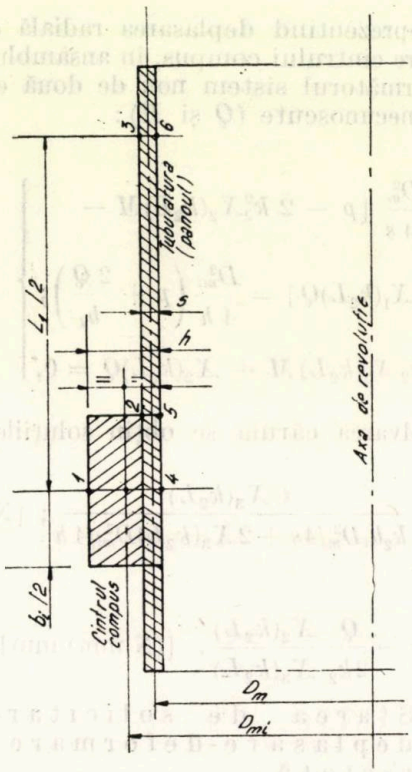



Fig. 18. Nominalizarea unor puncte reprezentative de analiză a stării de solicitare şi deformare-deplasare, corespunzătoare efectelor de contur, pentru schema de calcul cu două elemente.

$$v_1 = v_4 = \frac{D_{mi}^2}{4 E h} \Big[ p + 4 k_1^2 M_2 \cdot$$

$$\cdot \frac{\operatorname{ch} 0{,}5 k_1 b_i \sin 0{,}5 k_1 b_i - \operatorname{sh} 0{,}5 k_1 b_i \cos 0{,}5 k_1 b_i}{\operatorname{sh} k_1 b_i + \sin k_1 b_i} +$$

$$+ 4 k_1 Q_2 \frac{\operatorname{ch} 0{,}5 k_1 b_i \cos 0{,}5 k_1 b_i}{\operatorname{sh} k_1 b_i + \sin k_1 b_i} \Big], \quad [\mathrm{mm}] \quad (336)$$

în care:

**a)** în condiţiile cintrelor compuse deformabile, $Q_2 = Q \rightarrow (326)$ şi $M_2 = M \rightarrow$ $\rightarrow (327)$;

**b)** în condiţiile cintrelor compuse rigide (nedeformabile), $M_1 \rightarrow (335) \rightarrow 0$, $(336) \rightarrow 0$, deoarece, conform primei ecuaţii (328), formula citată îşi pierde semnificaţia, astfel că $v_1 = v_2 = v_4 = v_5$ şi se determină cu (332), iar — în formulele disponibile (332)...(334) — $Q_2 = Q \rightarrow (330)$ şi $M_2 = M \rightarrow (331)$.

Evident, pentru starea nouă de solicitare şi deplasare-deformare, corectată, capacitatea portantă a coloanelor de tubare cu cintre se va putea evalua şi interpreta în conformitate cu preceptele subcapitolului V.3.

### VI. Aplicaţii numerice

**6.1.** Pentru o coloană de tubare cu diametru mare, echipată cu cintre echidistante, se cunosc următoarele date:

$D_i = 2960$ mm; $s_1 = s = 25$ mm, deci $D_m = 2985$ mm şi $D_e = 3010$ mm; $b_i = 150$ mm; $h_i = 50$ mm; $D_{ii} = 3014$ mm, deci $D_{mi} = 3064$ mm şi $D_{ei} = 3114$ mm; $L_1 = 1000$ mm, deci $L = 850$ mm; $w_{max}^0 = 50$ mm; $H_c = 300$ m; $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ N/mm²; $\mu = 0{,}3$; $\sigma_{0.2} = 216$ N/mm²; $\sigma_a = 108$ N/mm²; $\varphi = 1{,}00$; $\gamma_0 = 7{,}7 \cdot 10^{-5}$ N/mm³; $k_G = 1{,}50$.

Să se efectueze analiza rezistenţei elastomecanostatice a coloanei respective în condiţiile solicitării la presiunea exterioară uniformă unilaterală $p = 15$ bar $= 1{,}5$ N/mm².

Rezolvare

Teoria fără moment. Conform punctului III.2.2.1, $N_m = 0 \rightarrow \sigma_m = \sigma'_m = 0$, iar mărimile $N_t$ şi $\sigma_t = \sigma'_t$ se determină cu formulele (63), obţinîndu-se:

$$N_t = -0{,}5\, p\, D_m = -0{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 2985 =$$

$$= -2238{,}75 \ \mathrm{N/mm};$$

$$\sigma_t = \sigma'_t = -pD_m/2s = -2238{,}75/25 =$$

$$= |-89{,}55| \ \mathrm{N/mm^2} < \sigma_a = 108 \ \mathrm{N/mm^2}.$$

Utilizînd — pentru informare — formula (35), la limita minimă rezultă:

$$s' = \frac{p D_i}{2 \varphi \sigma_a - p} = \frac{1{,}5 \cdot 2960}{2 \cdot 1 \cdot 108 - 1{,}5} =$$

$$= 20{,}70 \ \mathrm{mm} < 25{,}00 \ \mathrm{mm},$$

deci:

$$s_a = s_1 - s' = 25{,}00 - 20{,}70 = 4{,}30 \ \mathrm{mm}.$$

Deformaţiile şi deplasările. Potrivit punctului III.2.2.2, respectiv formulelor (74)—(77), se obţine:

$$\varepsilon_m = 7{,}282 \cdot 10^{-7}\ pD_m/s = 7{,}282 \cdot 10^{-7} \cdot$$

$$\cdot 1{,}5 \cdot 2985/25 = 1{,}30 \cdot 10^{-4};$$

$$\varepsilon_t = -2{,}427 \cdot 10^{-6}\ pD_m/s = -2{,}427 \cdot 10^{-6} \cdot$$

$$\cdot 1{,}5 \cdot 2985/25 = -4{,}35 \cdot 10^{-4};$$

$$max \cdot u = max \cdot \Delta = 0{,}728 \cdot 10^{-6}\ p\, D_m\, H_c/s =$$

$$= 0{,}728 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}5 \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3/25 =$$

$$= 39{,}12 \ \mathrm{mm};$$

*Tabelul 1*

**Centralizarea și compararea rezultatelor corespunzătoare stărilor de solicitare și deplasare-deformare în condițiile aplicației numerice 6.1**

| Schema de calcul | Cu trei elemente (fig. 15) | | | Cu două elemente (fig. 17) | | | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNCTUL (fig. 16 sau 18) | 1,7 | 2,5 | 3,6 | 1,4 | 2,5 | 3,6 | |
| EFORTUL TRANSVERSAL $Q_{1,2,3}$, în N/mm | $Q_1=8,89$ | $Q_2=67,73$ | — | — | $Q_2=85,57$ | — | Cazul a) |
| | | | $Q_3=-58,84$ | — | $Q_2=87,24$ | — | Cazul b) |
| MOMENTUL ÎNCOVOIETOR $M_{1,2,3,4}$, în (N·mm)/mm | −1912,44 | −2948,40 | 597,58 | −9538,01 | −6339,26 | 952,82 | Cazul a) |
| | | | −5105,17 | 0 | −6623,91 | 983,59 | Cazul b) |
| DEPLASAREA RADIALĂ $v_{1,2,\ldots,8}$, în mm | 0,419 | 0,369 | 0,433 | 0,394 | 0,396 | 0,668 | Cazul a) |
| | | | 0,324 | 0,397 | 0,397 | 0,668 | Cazul b) |

$$v = \Delta r = 1{,}213\cdot10^{-6}\, p\, D_m^2/s = 1{,}213\cdot10^{-6}\cdot$$
$$\cdot 1{,}5\cdot 2985^2/25 = 0{,}65 \text{ mm}.$$

Teoria cu moment. Calculele se efectuează conform punctului III.2.2.3 — formulele (78) ... (83), rezultînd:

$$M_m = -0{,}028\, p\, s^2 = -0{,}028\cdot 1{,}5\cdot 25^2 =$$
$$= -26{,}25 \text{ (N·mm)/mm};$$

$$M_t = -0{,}092\, ps^2 = -0{,}092\cdot 1{,}5\cdot 25^2 =$$
$$= -86{,}25 \text{ (N·mm)/mm};$$

$$\sigma_t'' = \mp 0{,}550\, p = \mp 0{,}550\cdot 1{,}5 =$$
$$= \mp 0{,}83 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_m'' = \mp 0{,}165\, p = \mp 0{,}165\cdot 1{,}5 =$$
$$= \mp 0{,}25 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_t = -p\,(D_m/2\, s \pm 0{,}550) = -1{,}5\cdot$$
$$\cdot(2985/2\cdot 25 \pm 0{,}550) = \begin{cases} -90{,}34 \text{ N/mm}^2; \\ -88{,}73 \text{ N/mm}^2; \end{cases}$$

$$\sigma_m = \sigma_m'' = \mp 0{,}25 \text{ N/mm}^2,$$

astfel că $\sigma_t \sim \sigma_t'$ și $\sigma_m \to 0$.

Solicitarea la întindere (tracțiune) sub acțiunea cîmpului gravific terestru. Analiza se efectuează conform punctului III.8.1, în condițiile cazului **a**, fiind utilizabile formulele (192) și (212)—(215). Rezultă:

$$G_c = G_m = \pi k_G\, D_m\, sH_c\, \gamma_0 = \pi\cdot 1{,}50\cdot 2985\cdot$$
$$\cdot 25\cdot 300\cdot 10^3\cdot 7{,}7\cdot 10^{-5} = 8{,}12\cdot 10^6 \text{ N} =$$
$$= 8{,}12 \text{ MN} \to 828 \text{ tf};$$

$$\sigma_{m\,max}^G = 7{,}7\cdot 10^{-5}\, k_G\, H_c = 7{,}7\cdot 10^{-5}\cdot 1{,}50\cdot$$
$$\cdot 300\cdot 10^3 = 34{,}65 \text{ N/mm}^2;$$

$$\varepsilon_{m\,max}^G = 3{,}74\cdot 10^{-10}\, k_G\, H_c = 3{,}74\cdot 10^{-10}\cdot$$
$$\cdot 1{,}50\cdot 300\cdot 10^3 = 1{,}68\cdot 10^{-4};$$

$$\Delta H_c = 3{,}74\cdot 10^{-10}\, k_G\, H_c^2 = 3{,}74\cdot 10^{-10}\cdot$$
$$\cdot 1{,}50\cdot (300\cdot 10^3)^2 = 50{,}49 \text{ mm};$$

$$max\cdot H_c = 1{,}3\cdot 10^4\, \varphi\sigma_a/k_G = 1{,}3\cdot 10^4\cdot 1\cdot$$
$$\cdot 108/1{,}5 = 9{,}36\cdot 10^5 \text{ mm} = 946 \text{ m} \gg H_c =$$
$$= 300 \text{ m}.$$

Prin urmare, se obține:

$$max\cdot\Delta + \Delta H_c = 39{,}12 + 50{,}49 =$$
$$= 89{,}61 \text{ mm} \to \text{circa } 0{,}1 \text{ m}.$$

Solicitarea la compresiune longitudinală sub acțiunea cîmpului gravific terestru. Analiza se efectuează conform punctului III.8.2, în condițiile cazului **a**, rezultînd :

$$\sigma^G_{m\,max} = -34{,}65 \text{ N/mm}^2;$$

$$\varepsilon^G_{m\,max} = -1{,}68 \cdot 10^{-4};$$

$$\Delta H_c = -50{,}49 \text{ mm},$$

deci :

$$max \cdot \Delta + \Delta H_c = 39{,}12 - 50{,}49 =$$

$$= -11{,}37 \text{ mm}.$$

Solicitarea la încovoiere. Presupunîndu-se o solicitare la încovoiere de tipul **a** sau **b**, cu $M_{max} = 8{,}12 \cdot 10^9$ N.mm, conform punctului III.9 — formulele (223) și (224), rezultă :

$$\sigma^M_{m\,max} = \pm 1{,}35\, M_{max}/D_m^2\, s = \pm 1{,}35 \cdot$$

$$\cdot 8{,}12 \cdot 10^9/2985^2 \cdot 25 = \pm 49{,}21 \text{ N/mm}^2,$$

respectiv (la limita inferioară, pentru $\sigma_{ai} = 1{,}05\ \sigma_a = 1{,}05 \cdot 108 = 113{,}4$ N/mm²) :

$$s' = 1{,}35\, M_{max}/D_i^2\ \sigma_{ai} = 1{,}35 \cdot 8{,}12 \cdot 10^9/$$

$$/2960^2 \cdot 113{,}4 = 11{,}03 \text{ mm} \ll 25{,}00 \text{ mm},$$

deci :

$$s_a = s_1 - s' = 25{,}00 - 11{,}03 = 13{,}97 \text{ mm}.$$

Solicitarea concomitentă la presiune exterioară uniformă unilaterală, întindere sau compresiune longitudinală și încovoiere. Analiza se efectuează potrivit punctului III.10, condițiile de rezistență corespunzătoare formulîndu-se conform restricțiilor (227) și (228), respectiv (229)—(232). Rezultă (pentru $\sigma_{ac} = 1{,}30\ \sigma_a = 1{,}30 \cdot 108 = 140{,}4$ N/mm²) :

$$\sigma_{t\Sigma} = \sigma_t = 90{,}34 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{as} = \varphi\sigma_a =$$

$$= 108 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_{m\Sigma} = \sigma_m + \sigma^G_{m\,max} + \sigma^M_{m\,max} = 0{,}25 + 34{,}65 +$$

$$+ 49{,}21 = 84{,}11 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{as} = \varphi\sigma_a =$$

$$= 108 \text{ N/mm}^2;$$

$$\frac{\sigma_m}{\varphi\sigma_a} + \frac{\sigma^G_{m\,max}}{\varphi\sigma_a} + \frac{\sigma^M_{m\,max}}{\sigma_{ai}} = \frac{0{,}25}{108} + \frac{34{,}65}{108} +$$

$$+ \frac{49{,}21}{113{,}4} = 0{,}757 < 1{,}000;$$

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma^G_{m\,max}}{\varphi\sigma_a} + \frac{\sigma^M_{m\,max}}{\sigma_{ai}} = \frac{-0{,}25}{104{,}4} + \frac{34{,}65}{108} +$$

$$+ \frac{49{,}21}{113{,}4} = 0{,}753 < 1{,}000;$$

$$\frac{\sigma_m}{\varphi\sigma_a} + \frac{\sigma^G_{m\,max}}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma^M_{m\,max}}{\sigma_{ai}} = \frac{0{,}25}{108} + \frac{-34{,}65}{140{,}4} +$$

$$+ \frac{49{,}21}{113{,}4} = 0{,}189 \ll 1{,}000;$$

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma^G_{m\,max}}{\sigma_{ac}} + \frac{\sigma^M_{m\,max}}{\sigma_{ai}} = \frac{-0{,}25}{140{,}4} + \frac{-34{,}65}{140{,}4} +$$

$$+ \frac{49{,}21}{113{,}4} = 0{,}185 \ll 1{,}000.$$

Calculul cintrelor. Calculul se efectuează conform punctului IV, pentru $A_{ie} = A_i + (b_i + 30\ s)\ s = 150 \cdot 50 + (150 + 30 \cdot 25) \cdot 25 = 3{,}0 \cdot 10^4$ mm², $I_{ie} = 1{,}36 \cdot 10^7$ mm², $z = 40{,}63$ mm și $W_{ie} = I_{ie}/z = 1{,}36 \cdot 10^7/40{,}63 = 3{,}55 \cdot 10^5$ mm³. Potrivit formulelor (244), (246), (248) și (250), respectiv (251), cu luarea în considerație a condiției de rezistență (261), se obține :

$$M^0 = 0{,}625\, p\, D_{mi} b_i w^0_{max} = 0{,}625 \cdot 1{,}5 \cdot 3064 \cdot$$

$$\cdot 150 \cdot 50 = 2{,}15 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm};$$

$$\sigma^{M^0} = 0{,}625\ p\, D_{mi} b_i w^0_{max}/W_{ie} =$$

$$= 0{,}625 \cdot 1{,}5 \cdot 3064 \cdot 150 \cdot 50/3{,}35 \cdot 10^5 =$$

$$= 64{,}31 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma^p = 0{,}5\ p\, D_{mi}(b_i + 30\ s)/A_{ie} =$$

$$= 0{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 3064 \cdot (150 + 30 \cdot 25)/3{,}0 \cdot 10^4 =$$

$$= 68{,}94 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_{c\,max} = \sigma^p + \sigma^{M_0} = 68{,}94 + 64{,}31 =$$

$$= 133{,}25 \text{ N/mm}^2 > 0{,}5\ \sigma_{0{,}2} = 0{,}5 \cdot 216 =$$

$$= 108{,}00 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_C = [p\, D_{ci}/2(s + h_i)]\ [1 + 7{,}5\, w^0_{max}/(s + h_i)] =$$

$$= [1{,}5 \cdot 3114/2 \cdot (25 + 50)] \cdot$$

$$\cdot [1 + 7{,}5 \cdot 50/(25 + 50)] =$$

$$= 186{,}84 \text{ N/mm}^2 \gg 0{,}5\, \sigma_{0{,}2} = 0{,}5 \cdot 216 =$$

$$= 108{,}00 \text{ N/mm}^2,$$

rezultînd :

$$\sigma_{0{,}2}/\sigma_{c\,max} = 216/133{,}25 = 1{,}621,$$

$$\sigma_{0{,}2}/\sigma_C = 216/186{,}84 = 1{,}156,$$

in extremis, aceste din urmă valori fiind acceptabile (prima — fără rezerve, iar cea de-a doua — pentru orientare și informare).

În conformitate cu formulele (263) și (264), cu luarea în considerație a condiției de rezistență (265), se obține :

$$\sigma_{c\,max} = 0{,}55\ p\ D_{ei}\left(\frac{b_i + 30\ s}{A_{ie}} + \frac{0{,}025\ b_i D_{ei}}{W_{ie}}\right) =$$

$$= 0{,}55 \cdot 1{,}5 \cdot 3114 \cdot \left(\frac{150 + 30 \cdot 25}{3{,}0 \cdot 10^4} + \right.$$

$$\left. + \frac{0{,}025 \cdot 150 \cdot 3114}{3{,}35 \cdot 10^5}\right) =$$

$$= 166{,}62\ \text{N/mm}^2 > 0{,}625\ \sigma_{0{,}2} = 0{,}625 \cdot 216 =$$

$$= 135{,}00\ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma_C = 0{,}55\ [p\ D_{ei}/(s + h_i)] \cdot$$

$$\cdot\ [1 + 0{,}15\ D_{ei}/(s + h_i)] =$$

$$= 0{,}55 \cdot [1{,}5 \cdot 3114/(25 + 50)] \cdot$$

$$\cdot\ [1 + 0{,}15 \cdot 3114/(25 + 50)] =$$

$$= 247{,}59\ \text{N/mm}^2 \gg 0{,}625\ \sigma_{0{,}2} =$$

$$= 0{,}625 \cdot 216 = 135{,}00\ \text{N/mm}^2,$$

rezultînd :

$$\sigma_{0{,}2}/\sigma_{c\,max} = 216/166{,}62 = 1{,}296;$$

$$\sigma_{0{,}2}/\sigma_C = 216/247{,}59 = 0{,}872,$$

in extremis numai penultima valoare fiind a c e p t a b i l ă.

Dacă $w^0_{max} \to 0$, cintrele nefiind inițial ovalizate, atunci $M^0 \to 0$ (formula 244) și se obține $\sigma^{M^0} \to 0$ (formula 246), rezultînd (formula 250) :

$$\sigma_{c\,max} = \sigma^p = 68{,}94\ \text{N/mm}^2 < 0{,}5\ \sigma_{0{,}2} =$$

$$= 108{,}00\ \text{N/mm}^2,$$

respectiv (formula 251) :

$$\sigma_C = \sigma^p = p\ D_{ei}/2(s + h_i) =$$

$$= 1{,}5 \cdot 3114/2 \cdot (25 + 50) =$$

$$= 31{,}14\ \text{N/mm}^2 \ll 0{,}5\ \sigma_{0{,}2} = 108{,}00\ \text{N/mm}^2,$$

sau (formula 263) :

$$\sigma_{c\,max} = 0{,}55\ p\ D_{ei}\ (b_i + 30\ s)/A_{ie} =$$

$$= 0{,}55 \cdot 1{,}5 \cdot 3114 \cdot (150 + 30 \cdot 25)/3{,}0 \cdot 10^4 =$$

$$= 77{,}07\ \text{N/mm}^2 \ll 0{,}625\ \sigma_{0{,}2} = 135{,}00\ \text{N/mm}^2,$$

respectiv (formula 264) :

$$\sigma_C = 0{,}55\ p\ D_{ei}/(s + h_i) =$$

$$= 0{,}55 \cdot 1{,}5 \cdot 3114/(25 + 50) =$$

$$= 34{,}25\ \text{N/mm}^2 \ll 0{,}625\ \sigma_{0{,}2} = 135{,}00\ \text{N/mm}^2.$$

S-a pus în evidență, astfel, însemnătatea deosebită a realizării practice de cintre cu formă geometrică inițială cît mai apropiată de cea perfect inelară.

Efectele de contur a. *Schema de calcul cu trei elemente (prima abordare)*. Pentru :

$$k_1 = k_{12} = 1{,}8178/\sqrt{D_m s} = 1{,}8178/\sqrt{2985 \cdot 25} =$$

$$= 0{,}00665\ \text{mm}^{-1}$$

și :

$$k_{11} = 1{,}8178/\sqrt{D_{mi} h_i} = 1{,}8178/\sqrt{3064 \cdot 50} =$$

$$= 0{,}00464\ \text{mm}^{-1},$$

potrivit schemei de calcul (fig. 15) și în conformitate cu expresiile (276), (288) și (290), se obține :

$$X_1(k_1 L) = 1{,}00987; \qquad X_5 = 0{,}84364;$$

$$X_2(k_1 L) = 1{,}00831; \qquad X_6 = 1{,}49452;$$

$$X_3(k_1 L) = 0{,}99849; \qquad X_7 = 2{,}04521;$$

$$X_1(k_{11} b_i) = 1{,}44800; \qquad X_9 = -5{,}40149;$$

$$X_1(k_{12} b_i) = 1{,}03534; \qquad X_{10} = 1{,}21024;$$

$$X_2(k_{12} b_i) = 0{,}16467; \qquad X_{11} = 3{,}23359;$$

$$X_3(k_{12} b_i) = 0{,}49603; \qquad X_{12} = -0{,}59865;$$

$$X_{13} = 0{,}37864,$$

rezultînd (formulele 294, 292, 289 și 293) :

$$Q_1 = -(p/2)\frac{D^2_{mi}/h_i + D^2_m X_{12}/s}{k_{11} D^2_{mi} X_1(k_{11} b_i)/h_i + k_{12} D^2_m X_{13}/s} =$$

$$= -(1{,}5/2) \cdot$$

$$\cdot\frac{3064^2/50 + 2985^2(-0{,}59865)/25}{0{,}00464 \cdot 3064^2 \cdot 1{,}44800/50 + 0{,}00665 \cdot 2985^2 \cdot 0{,}37864/25} =$$

$$= 8{,}89\ \text{N/mm};$$

$$Q_2 = -(k_{12} X_9)^{-1}(p\ X_6 + k_{12}\ Q_1\ X_{11}) =$$

$$= -[0{,}00665 \cdot (-5{,}40149)]^{-1} \cdot (1{,}5 \cdot 1{,}49452 +$$

$$+ 0{,}00665 \cdot 8{,}89 \cdot 3{,}23359) = 67{,}73\ \text{N/mm};$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 8{,}89 - 67{,}73 =$$

$$= -58{,}84\ \text{N/mm};$$

$$M = (2\ k^2_{12}\ X_9)^{-1}\ (p\ X_5 + 2\ k_{12} Q_1\ X_{10}) =$$

$$= [2 \cdot 0{,}00665^2 \cdot (-5{,}40149)]^{-1} \cdot$$

$$\cdot (1{,}5 \cdot 0{,}84364 + 2 \cdot 0{,}00665 \cdot 8{,}89 \cdot 1{,}21024) =$$

$$= -2948{,}40\ (\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm},$$

respectiv (formulele 299...306):

$$M_1 = -\frac{2Q_1}{k_{11}} \frac{\text{sh } 0{,}5k_{11}b_i \sin 0{,}5k_{11}b_i}{\text{sh } k_{11}b_i + \sin k_{11}b_i} =$$

$$= -\frac{2 \cdot 8{,}89}{0{,}00464} \cdot$$

$$\cdot \frac{\text{sh } 0{,}5 \cdot 0{,}00464 \cdot 150 \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00464 \cdot 150}{\text{sh } 0{,}00464 \cdot 150 + \sin 0{,}00464 \cdot 150} =$$

$$= -1912{,}44 \text{ N} \cdot \text{mm};$$

$$M_2 = \frac{p X_5}{2k_{12}^2 X_9} + \frac{Q_1 X_{10}}{k_{12} X_9} =$$

$$= \frac{1{,}5 \cdot 0{,}84364}{2 \cdot 0{,}00665^2 \cdot (-5{,}40149)} +$$

$$+ \frac{8{,}89 \cdot 1{,}21024}{0{,}00665 \cdot (-5{,}40149)} =$$

$$= -2948{,}40 \text{ (N} \cdot \text{mm)/mm};$$

$$M_3 = \frac{2/k_{12}}{\text{sh } k_{12}L + \sin k_{12}L} [M_2 k_{12} (\text{ch } 0{,}5 k_{12}L \cdot$$

$$\cdot \sin 0{,}5 k_{12}L + \text{sh } 0{,}5 k_{12}L \cos 0{,}5 k_{12}L) +$$

$$+ Q_2 \text{ sh } 0{,}5 k_{12}L \sin 0{,}5 k_{12}L] =$$

$$= \frac{2/0{,}00665}{\text{sh } 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \cdot$$

$$\cdot [(-2948{,}40) \cdot 0{,}00665 \cdot (\text{ch } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 + \text{sh } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850) + 67{,}73 \cdot \text{sh } 0{,}5 \cdot$$

$$\cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850] =$$

$$= 597{,}58 \text{ (N} \cdot \text{mm)/mm};$$

$$M_4 = \frac{2/k_{12}}{\text{sh } k_{12}b_i + \sin k_{12}b_i} \cdot$$

$$\cdot [M_2 k_{12} (\text{ch } 0{,}5 k_{12}b_i \sin 0{,}5 k_{12}b_i +$$

$$+ \text{sh } 0{,}5 k_{12}b_i \cos 0{,}5 k_{12}b_i) +$$

$$+ Q_3 \text{ sh } 0{,}5 k_{12}b_i \sin 0{,}5 k_{12}b_i] =$$

$$= \frac{2/0{,}00665}{\text{sh } 0{,}00665 \cdot 150 + \sin 0{,}00665 \cdot 150} \cdot$$

$$\cdot [(-2948{,}40) \cdot 0{,}00665 \cdot (\text{ch } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 150 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 150 + \text{sh } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 150 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 150) +$$

$$+ (-58{,}84) \cdot \text{sh } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 150 \cdot \sin 0{,}5 \cdot$$

$$\cdot 0{,}00665 \cdot 150] = -5105{,}17 \text{ (N} \cdot \text{mm)/mm};$$

$$v_1 = v_7 =$$

$$= \frac{D_{mi}^2}{4 E h_i} \left( p + 4 Q_1 k_{11} \frac{\text{ch } 0{,}5 k_{11}b_i \cos 0{,}5 k_{11}b_i}{\text{sh } k_{11}b_i \sin k_{11}b_i} \right) =$$

$$= \frac{3064^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 50} \cdot \left( 1{,}5 + 4 \cdot 8{,}89 \cdot 0{,}00464 \cdot \right.$$

$$\left. \cdot \frac{\text{ch } 0{,}5 \cdot 0{,}00464 \cdot 150 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00464 \cdot 150}{\text{sh } 0{,}00464 \cdot 150 \cdot \sin 0{,}00464 \cdot 150} \right) =$$

$$= 0{,}419 \text{ mm};$$

$$v_2 = v_5 = \frac{D_{mi}^2}{4 E h_i} [p + 2Q_1 k_{11} X_1 (k_{11}b_i)] =$$

$$= \frac{3064^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 50} \cdot [1{,}5 + 2 \cdot 8{,}89 \cdot 0{,}00464 \cdot$$

$$\cdot 1{,}44800] = 0{,}369 \text{ mm} < v_1 = v_7 = 0{,}419 \text{ mm};$$

$$v_3 = v_6 = \frac{D_m^2}{4 E s} \left[ p + \frac{4 k_{12}^2 M_2}{\text{sh } k_{12}L + \sin k_{12}L} \cdot \right.$$

$$\cdot (\text{ch } 0{,}5 k_{12}L \sin 0{,}5 k_{12}L -$$

$$- \text{sh } 0{,}5 k_{12}L \cos 0{,}5 k_{12}L) - 4 k_{12} Q_2 \cdot$$

$$\left. \cdot \frac{\text{ch } 0{,}5 k_{12}L \cos 0{,}5 k_{12}L}{\text{sh } k_{12}L + \sin k_{12}L} \right] = \frac{2985^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 25} \cdot$$

$$\cdot \left[ 1{,}5 + \frac{4 \cdot 0{,}00665^2 (-2948{,}40)}{\text{sh } 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \cdot \right.$$

$$\cdot (\text{ch } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 850 - \text{sh } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot$$

$$\cdot 0{,}00665 \cdot 850) - 4 \cdot 0{,}00665 \cdot 67{,}73 \cdot$$

$$\left. \cdot \frac{\text{ch } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850}{\text{sh } 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \right] =$$

$$= 0{,}433 \text{ mm};$$

$$v_4 = v_8 = \frac{D_m^2}{E\,s}\Bigg[\frac{k_{12}\,M_2}{\operatorname{sh} k_{12}b_i + \sin k_{12}b_i}\cdot$$

$$\cdot(\operatorname{ch} 0{,}5\,k_{12}b_i \sin 0{,}5k_{12}b_i -$$

$$- \operatorname{sh} 0{,}5k_{12}b_i \cos 0{,}5k_{12}b_i) - k_{12}Q_3 \cdot$$

$$\cdot\frac{\operatorname{ch} 0{,}5k_{12}b_i \cos 0{,}5k_{12}b_i}{\operatorname{sh} k_{12}b_i + \sin k_{12}b_i}\Bigg] = \frac{2985^2}{2{,}06\cdot 10^5\cdot 25}\cdot$$

$$\cdot\Bigg[\frac{0{,}00665^2\cdot(-2948{,}40)}{\operatorname{sh} 0{,}00665\cdot 150 + \sin 0{,}00665\cdot 150}\cdot$$

$$\cdot(\operatorname{ch} 0{,}5\cdot 0{,}00665\cdot 150\cdot \sin 0{,}5\cdot 0{,}00665\cdot 150 -$$

$$- \operatorname{sh} 0{,}5\cdot 0{,}00665\cdot 150\cdot \cos 0{,}5\cdot 0{,}00665\cdot 150) -$$

$$- 0{,}00665\cdot(-58{,}84)\cdot$$

$$\cdot\frac{\operatorname{ch} 0{,}5\cdot 0{,}00665\cdot 150\cdot \cos 0{,}5\cdot 0{,}00665\cdot 150}{\operatorname{sh} 0{,}00665\cdot 150 + \sin 0{,}00665\cdot 150}\Bigg] =$$

$$= 0{,}324 \text{ mm} < v_1 = v_7 = 0{,}419 \text{ mm},$$

profilul *deformatei* generatoarei mediane, a structurii tubulare cu cintre care se analizează, fiind ilustrat în figura 19.

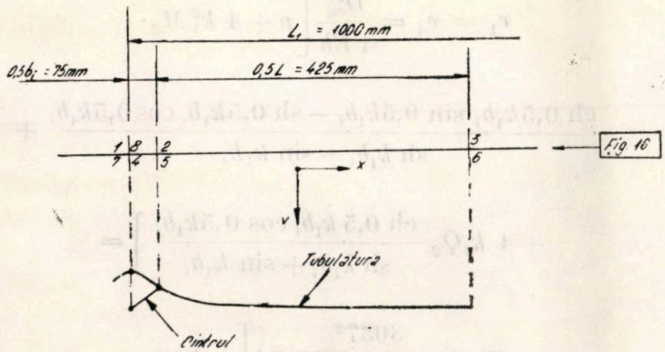



Fig. 19. Deformata generatoarei mediane (aplicaţia numerică 6.1, schema de calcul cu trei elemente — fig. 15).

**b.** *Schema de calcul cu două elemente (cu cintru compus → a doua abordare)*. Potrivit schemei de calcul (fig. 17) şi formulelor (318)—(323), se obţine:

$$h = h_i + s = 50 + 25 = 75 \text{ mm};$$

$$D_{mi} = 0{,}5\,(D_{ei} + D_i) = 0{,}5\cdot(3114 + 2960) = 3037 \text{ mm};$$

$$k_1 = 1{,}8178/\sqrt{D_{mi}h} = 1{,}8178/\sqrt{3037\cdot 75} = 0{,}00381 \text{ mm}^{-1};$$

$$k_2 = 1{,}8178/\sqrt{D_m s} = 1{,}8178/\sqrt{2985\cdot 25} = 0{,}00665 \text{ mm}^{-1};$$

$$X_1(k_1b_i) = 1{,}75600; \quad X_1(k_2L) = 1{,}00987;$$

$$X_2(k_1b_i) = 0{,}05439; \quad X_2(k_2L) = 1{,}00831;$$

$$X_3(k_1b_i) = 0{,}28558; \quad X_3(k_2L) = 0{,}99849;$$

$$A_1 = \frac{k_1 D_{mi}^2}{2h} X_1(k_1b_i) + \frac{k_2 D_m^2}{2s} X_1(k_2L) =$$

$$= \frac{0{,}00381\cdot 3037^2}{2\cdot 75}\,1{,}75600 + \frac{0{,}00665\cdot 2985^2}{2\cdot 25}\cdot$$

$$\cdot 1{,}00987 = 1608{,}14;$$

$$A_2 = -\frac{k_1^2 D_{mi}^2}{2h} X_2(k_1b_i) + \frac{k_2^2 D_m^2}{2s} X_2(k_2L) =$$

$$= -\frac{0{,}00381^2\cdot 3037^2}{2\cdot 75}\cdot 0{,}05439 +$$

$$+ \frac{0{,}00665^2\cdot 2985^2}{2\cdot 25}\cdot 1{,}00831 = 7{,}8976 \text{ mm}^{-1};$$

$$A_3 = \frac{k_1^3 D_{mi}^2}{h} X_3(k_1b_i) + \frac{k_2^3 D_m^2}{s} X_3(k_2L) =$$

$$= \frac{0{,}00381^3\cdot 3037^2}{75}\cdot 0{,}28558 +$$

$$+ \frac{0{,}00665^3\cdot 2985^2}{25}\cdot 0{,}99849 = 0{,}10660 \text{ mm}^{-2};$$

$$C = D_m^2/4\,s - D_{mi}^2/4\,h = 2985^2/4\cdot 25 -$$

$$- 3037^2/4\cdot 75 = 5{,}8358\cdot 10^4 \text{ mm},$$

rezultînd:

**a)** în cazul cintrelor compuse d e f o r m a b i l e — formulele (326), (327) şi (332) ... (336):

$$Q_2 = -\frac{CA_3}{A_2^2 - A_1A_3}\,p =$$

$$= -\frac{5{,}8358\cdot 10^4\cdot 0{,}10660}{7{,}8976^2 - 1608{,}14\cdot 0{,}10660}\cdot 1{,}5 =$$

$$= 85{,}57 \text{ N/mm};$$

$$M_2 = \frac{CA_2}{A_2^2 - A_1A_3}\,p =$$

$$= \frac{5{,}8358\cdot 10^4\cdot 7{,}8976}{7{,}8976^2 - 1608{,}14\cdot 0{,}10660}\cdot 1{,}5 =$$

$$= -6339{,}26 \text{ (N·mm)/mm};$$

$$M_3 = \frac{2/k_2}{\operatorname{sh} k_2L + \sin k_2L} \cdot$$

$$\cdot [M_2 k_2 (\operatorname{ch} 0{,}5k_2L \sin 0{,}5k_2L +$$

$$+ \operatorname{sh} 0{,}5k_2L \cos 0{,}5k_2L) +$$

$$+ Q_2 \operatorname{sh} 0{,}5k_2L \sin 0{,}5k_2L] =$$

$$= \frac{2/0{,}00665}{\operatorname{sh} 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \cdot$$

$$\cdot [(-6339{,}26) \cdot 0{,}00665 \cdot (\operatorname{ch} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 + \operatorname{sh} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot$$

$$\cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850) + 85{,}57 \cdot$$

$$\cdot \operatorname{sh} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850] =$$

$$= 952{,}82 \ (\mathrm{N \cdot mm})/\mathrm{mm};$$

$$M_1 = \frac{2/k_1}{\operatorname{sh} k_1b_i + \sin k_1b_i} \cdot$$

$$\cdot [M_2 k_1 (\operatorname{ch} 0{,}5k_1b_i \sin 0{,}5 \cdot k_1b_i +$$

$$+ \operatorname{sh} 0{,}5 k_1b_i \cos 0{,}5k_1b_i) -$$

$$- Q_2 \operatorname{sh} 0{,}5k_1b_i \sin 0{,}5k_1b_i] =$$

$$= \frac{2/0{,}00381}{\operatorname{sh} 0{,}00381 \cdot 150 + \sin 0{,}00381 \cdot 150} \cdot$$

$$\cdot [(-6339{,}26) \cdot 0{,}00381 \cdot (\operatorname{ch} 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot$$

$$\cdot 150 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 150 + \operatorname{sh} 0{,}5 \cdot$$

$$\cdot 0{,}00381 \cdot 150 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 150) -$$

$$- 85{,}57 \cdot \operatorname{sh} 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 150 \cdot \sin 0{,}5 \cdot$$

$$\cdot 0{,}00381 \cdot 150] = -9538{,}01 \ (\mathrm{N \cdot mm})/\mathrm{mm};$$

$$v_2 = v_5 = \frac{D_m^2}{4\,Es} [p - 2k_2^2 M_2 X_2(k_2L) -$$

$$- 2\, k_2 Q_2 X_1(k_2L)] = \frac{2985^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 25} \cdot$$

$$\cdot [1{,}5 - 2 \cdot 0{,}00665^2 \cdot (-6339{,}26) \cdot 1{,}00831 -$$

$$- 2 \cdot 0{,}00665 \cdot 85{,}57 \cdot 1{,}06987] = 0{,}396 \ \mathrm{mm};$$

$$v_3 = v_6 = \frac{D_m^2}{4\,Es} \left[ p + 4\, k_2^2 M_2 \cdot \right.$$

$$\cdot \frac{\operatorname{ch} 0{,}5k_2L \sin 0{,}5k_2L - \operatorname{sh} 0{,}5\, k_2\, L \cos 0{,}5k_2L}{\operatorname{sh} k_2L + \sin k_2L} -$$

$$\left. - 4\, k_2 Q_2 \frac{\operatorname{ch} 0{,}5\, k_2L \cos 0{,}5k_2L}{\operatorname{sh} k_2L + \sin k_2L} \right] =$$

$$= \frac{2985^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 25} \cdot \left[ 1{,}5 + \right.$$

$$+ \frac{4 \cdot 0{,}00665^2 \cdot (-6339{,}26)}{\operatorname{sh} 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \cdot$$

$$\cdot (\operatorname{ch} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 -$$

$$- \operatorname{sh} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850) -$$

$$- 4 \cdot 0{,}00665 \cdot 85{,}57 \cdot$$

$$\left. \cdot \frac{\operatorname{ch} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850}{\operatorname{sh} 0{,}00655 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \right] =$$

$$= 0{,}668 \ \mathrm{mm};$$

$$v_1 = v_4 = \frac{D_{mi}^2}{4\,Eh} \left[ p + 4\, k_1^2 M_2 \cdot \right.$$

$$\cdot \frac{\operatorname{ch} 0{,}5k_1b_i \sin 0{,}5k_1b_i - \operatorname{sh} 0{,}5k_1b_i \cos 0{,}5k_1b_i}{\operatorname{sh} k_1b_i + \sin k_1b_i} +$$

$$\left. + 4\, k_1 Q_2 \frac{\operatorname{ch} 0{,}5\, k_1b_i \cos 0{,}5k_1b_i}{\operatorname{sh} k_1b_i + \sin k_1b_i} \right] =$$

$$= \frac{3037^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 75} \cdot \left[ 1{,}5 + \right.$$

$$+ \frac{4 \cdot 0{,}00381^2 \cdot (-6339{,}26)}{\operatorname{sh} 0{,}00381 \cdot 150 + \sin 0{,}00381 \cdot 150} \cdot$$

$$\cdot (\operatorname{ch} 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 150 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot$$

$$\cdot 150 - \operatorname{sh} 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 150 \cdot \cos 0{,}5 \cdot$$

$$\cdot 0{,}00381 \cdot 150) + 4 \cdot 0{,}00381 \cdot 85{,}57 \cdot$$

$$\left. \cdot \frac{\operatorname{ch} 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 150 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 150}{\operatorname{sh} 0{,}00381 \cdot 150 + \sin 0{,}00381 \cdot 150} \right] =$$

$$= 0{,}394 \sim v_2 = v_3 = 0{,}396 \ \mathrm{mm};$$

b) în cazul cintrelor compuse r i g i d e (n e d e f o r m a b i l e) — formulele (330, 331) și (332) ... (336):

$$Q_2 = pb_i \frac{C\,X_3(k_2L)}{k_2 b_i D_m^2/4\,s + 2X_3(k_2L)D_{mi}^2/4\,h} =$$

$$= 1{,}5 \cdot 150 \cdot$$

$$\cdot \frac{5{,}8358 \cdot 10^4 \cdot 0{,}99849}{0{,}00665 \cdot 150 \cdot 2985^2/4 \cdot 25 + 2 \cdot 0{,}99849 \cdot 3037^2/4{,}75} =$$

$$= 87{,}24 \text{ N/mm};$$

$$M_2 = -\frac{Q_2}{2k_2}\frac{X_2(k_2L)}{X_3(k_2L)} = -\frac{87{,}24}{2 \cdot 0{,}00665} \cdot \frac{1{,}00831}{0{,}99849} =$$

$$= -6623{,}91 \text{ (N.mm)/mm};$$

$$M_3 = \frac{2/0{,}00665}{\text{sh } 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \cdot$$

$$\cdot [(-6623{,}91) \cdot 0{,}00665 \cdot (\text{ch } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 +$$

$$+ \text{sh} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850) +$$

$$+ 87{,}24 \cdot \text{sh} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850] =$$

$$= 983{,}59 \text{ (N.mm)/mm};$$

$$M_1 = 0{,}00;$$

$$v_1 = v_2 = v_4 = v_5 = \frac{D_m^2}{4Es}[p - 2k_2^2 M_2 X_2(k_2L) -$$

$$- 2\,k_2 Q_2\,X_1(k_2L)] = \frac{2985^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 25} \cdot$$

$$\cdot [1{,}5 - 2 \cdot 0{,}00665^2 \cdot (-6623{,}91 \cdot 1{,}00331 -$$

$$- 2 \cdot 0{,}00665 \cdot 87{,}24 \cdot 1{,}00987] = 0{,}397 \text{ mm};$$

$$v_3 = v_6 = \frac{2985^2}{4 \cdot 2{,}06 \cdot 10^5 \cdot 25} \cdot \left[1{,}5 + \right.$$

$$+ \frac{4 \cdot 0{,}00665^2 \cdot (-6623{,}91)}{\text{sh } 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \cdot$$

$$\cdot (\text{ch } 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \sin 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 -$$

$$- \text{sh } 0{,}5 \cdot \cdot\, 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot$$

$$\cdot 850) - 4 \cdot 0{,}00665 \cdot 87{,}24 \cdot$$

$$\left. \cdot \frac{\text{ch} 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850 \cdot \cos 0{,}5 \cdot 0{,}00665 \cdot 850}{\text{sh } 0{,}00665 \cdot 850 + \sin 0{,}00665 \cdot 850} \right] =$$

$$= 0{,}668 \text{ mm},$$

rezultatele finale fiind centralizate și comparate în tabelul 1.

Capacitatea portantă. Evaluarea capacității portante se face conform punctului V.3, utilizîndu-se formulele corespunzătoare (310)—(317). Succesiunea de rezolvare este următoarea: $(e_j,\ s_j,\ D_j,\ v_j,\ M_j) \rightarrow \sigma_{jv}$ (310) $\rightarrow \sigma_{jM}$ (311) $\rightarrow B_j$ (314, a, b, c) $\rightarrow p_{limj}$ (316) $\rightarrow p_{aj}$ (317), centralizarea și compararea rezultatelor numerice obținute materializîndu-se în tabelul 2.

De remarcat următoarele: 1) condiția de securitate tehnică (316) furnizează valori l i m i t ă $p_{lim}$ și a d m i s i b i l e $p_a$ pentru un factor de securitate egal cu 1,50) pe deplin c o r e s p u n z ă t o a r e, în alternativa analizei efectuate conform schemei cu trei elemente (fig. 15 și 16); 2) aceeași condiție de securitate tehnică conduce la valori $p_{lim}$ și $p_a$ de asemenea corespunzătoare și în alternativa analizei folosind modelul cu două elemente (fig. 17 și 18), numai că în punctul *6* rezultă $p_{lim}/p = 2{,}304$, respectiv $p_a/p = 0{,}930$, în cazul a) și $p_{lim}/p = 2{,}302$, respectiv $p_a/p = 0{,}929$, în cazul b), factorul de securitate fiind de numai circa 1,46 în punctul respectiv; 3) capacitatea portantă m i n i m ă revine cintrelor (punctele *1* și *7*) în situația schemei cu trei elemente și brîului central al panourilor tubulare (punctul *6*) în situația schemei cu două elemente.

**6.2.** Știind că $\gamma_i = 11{,}8$ kN/m$^3$ $= 11{,}8$ N/dm$^3$ $= 1{,}18 \cdot 10^{-5}$ N/mm$^3$ și $\gamma_e = 17{,}2$ kN/m$^3$ $= 17{,}2$ N/dm$^3$ $= 1{,}72 \cdot 10^{-5}$ N/mm$^3$, să se calculeze coloana de tubare cu diametru mare din aplicația precedentă în condițiile solicitării la presiunea diferențială hidrostatică $p_{max} = (\gamma_e - \gamma_i)H_c = (1{,}72 \cdot 10^{-5} - 1{,}18 \cdot 10^{-5}) \cdot 300 \cdot 10^3 = 1{,}62$ N/mm$^2$.

Rezolvare

Întrucît $\gamma_i < \gamma_e$, astfel că $p = (\gamma_i - \gamma_e)H = (\gamma_i - \gamma_e)(H_c - x) < 0$, calculele se efectuează conform punctelor III.5 și III.6, pentru $p_z = (\gamma_e - \gamma_i)(H_c - x) = \Delta\gamma_e(H_c - x)$, în care $\Delta\gamma_e = \gamma_e - \gamma_i = 1{,}72 \cdot 10^{-5} - 1{,}18 \cdot 10^{-5} = 0{,}54 \cdot 10^{-5}$ N/mm$^3$, astfel că $\gamma_e \rightarrow \Delta\gamma_e$. Date fiind posibilitățile de solicitare, în condițiile sondelor cu diametru mare, analiza se finalizează atît în alternativa rezemării simple pe conturul inferior (A), cît și în alternativa rezemării simple pe conturul inelar superior cu $h = H_c$(B).

### A. Rezemarea simplă pe conturul inferior

Teoria fără moment. Conform punctului III.5.1.1 și formulelor corespunzătoare (165)—(168), rezultă (pentru $x$ în mm):

$$N_t = -0{,}5\,\Delta\gamma_e D_m(H_c - x) = -0{,}5 \cdot 0{,}54 \cdot$$

$$\cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot (300 \cdot 10^3 - x) = -2{,}418 \cdot 10^3 \cdot$$

$$\cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\,x);$$

$$N_m = 0 \rightarrow \sigma_m = \sigma'_m = 0;$$

| SCHEMA DE CALCUL | CU TREI ELEMENTE (fig. 15) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNCTUL $j$ (fig. 16 sau 18) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| DISTANȚA RADIALĂ $e_j$, în mm | 40,63 | 9,37 | 9,37 | 34,37 | 34,37 | 34,37 | 9,37 | 9,37 |
| GROSIMEA DE PERETE $s_j$, în mm | 50 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 50 | 25 |
| DIAMETRUL MEDIU $D_j$, în mm | 3064 | 2985 | 2985 | 2985 | 2985 | 2985 | 3064 | 2985 |
| DEPLASAREA RADIALĂ $v_j$, în mm | 0,419 | 0,369 | 0,433 | 0,324 | 0,369 | 0,433 | 0,419 | 0,324 |
| MOMENTUL ÎNCOVOIETOR $M_j$, în (N.mm)/mm | −1912,44 | −2948,40 | 597,58 | −5105,17 | −2948,40 | 597,58 | −1912,44 | −5105,17 |
| EFORTURILE UNITARE $\sigma_{jv}$, în N/mm² | 56,34 | 50,93 | 59,76 | 44,72 | 50,93 | 59,76 | 56,34 | 44,72 |
| EFORTURILE UNITARE $\sigma_{jM}$, în N/mm² | −1,38 | −8,49 | 1,72 | −14,70 | −8,49 | 1,72 | −1,38 | −14,70 |
| MĂRIMEA $B_j$ | 42,91 | 9,64 | 9,55 | 33,36 | 35,36 | 35,03 | 42,91 | 9,64 |
| PRESIUNEA LIMITĂ $p_{lim\,j}$, în bar | 37,53 | 180,04 | 161,80 | 52,60 | 49,08 | 44,11 | 37,53 | 192,93 |
| PRESIUNEA ADMISIBILĂ $p_{aj}$, în bar | 20,72 | 105,20 | 86,26 | 32,19 | 28,68 | 23,52 | 20,72 | 118,09 |

$$\sigma_t = \sigma'_t = -0{,}5\,\Delta\gamma_e D_m (H_c - x)/s =$$
$$= -0{,}5 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot (300 \cdot 10^3 -$$
$$- x)/25 = -96{,}714(1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x),$$

obținîndu-se (cînd $x \to 0$):

$$max \cdot N_t = -2418 \text{ N/mm}; \quad max \cdot \sigma_t = max \cdot$$
$$\cdot \sigma'_t = -96{,}71 \text{ N/mm}^2.$$

Pentru $\sigma_{ac} \to \sigma_a$ și $\varphi = 1{,}00$, utilizînd — în scopul informării — formula (89), la limita m i n i m ă corespunde:

$$s' = \frac{\Delta\gamma_e D_i H_c}{2\sigma_{ac} - \Delta\gamma_e H_c} =$$
$$= \frac{0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2960 \cdot 300 \cdot 10^3}{2 \cdot 108 - 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3} = 22{,}37 \text{ mm},$$

deci:

$$s_a = s - s' = 25{,}00 - 22{,}37 = 2{,}63 \text{ mm}.$$

Deformațiile și deplasările De această dată, calculele se fac cu formulele (94)—(101) din paragraful III.4.1.2, după inversarea semnului algebric și operarea substituției $\gamma_i \to \Delta\gamma_e$, obținîndu-se (pentru $x$ în mm):

$$\varepsilon_m = 7{,}282 \cdot 10^{-7}\, \Delta\gamma_e D_m (H_c - x)/s = 7{,}282 \cdot$$
$$\cdot 10^{-7} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (1 - 3{,}33 \cdot$$
$$\cdot 10^{-6}\, x)/25 = 1{,}409 \cdot 10^{-4}(1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x);$$

$$\varepsilon_t = -2{,}427 \cdot 10^{-6}\, \Delta\gamma_e D_m (H_c - x)/s =$$
$$= -2{,}427 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot$$
$$\cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6} x)/25 = -4{,}694 \cdot 10^{-4} \cdot$$
$$\cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x);$$

$$u = \Delta = 7{,}282 \cdot 10^{-7}\, \Delta\gamma_e D_m (H_c - x)\, x/s =$$
$$= 7{,}282 \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot (300 \cdot 10^3 -$$
$$- x)\, x/25 = 1{,}409 \cdot 10^{-4}(1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x)x; \quad \text{[mm]}$$

$$v = \Delta r = 1{,}214 \cdot 10^{-6}\, \Delta\gamma_e D_m^2 (H_c - x)/s =$$
$$= 1{,}214 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985^2 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot$$
$$\cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x)/25 = 0{,}701\,(1 - 3{,}33 \cdot$$
$$\cdot 10^{-6}\, x); \quad \text{[mm]}$$

*Tabelul 2*

**a coloanei de tubare cu diametru mare care face obiectul aplicației numerice 6.1**

| CU DOUĂ EEMENTE (fig. 17, cazul a) | | | | | | CU DOUĂ ELEMENTE (fig. 17, cazul b) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 40,63 | 9,37 | 9,37 | 34,37 | 34,37 | 34,37 | 40,63 | 9,37 | 9,37 | 34,37 | 34,37 | 34,37 |
| 75 | 25 | 25 | 75 | 25 | 25 | 75 | 25 | 25 | 75 | 25 | 25 |
| 3037 | 2985 | 2985 | 3037 | 2985 | 2985 | 3037 | 2985 | 2985 | 3037 | 2985 | 2985 |
| 0,394 | 0,396 | 0,668 | 0,394 | 0,396 | 0,668 | 0,397 | 0,397 | 0,668 | 0,397 | 0,397 | 0,668 |
| −9538,01 | −6339,26 | 952,82 | −9538,01 | −6339,26 | 952,82 | 0 | −6623,91 | 983,59 | 0 | −6623,91 | 983,59 |
| 53,45 | 54,66 | 92,20 | 53,45 | 54,66 | 92,20 | 53,86 | 54,80 | 92,20 | 53,86 | 54,80 | 92,20 |
| −3,05 | −18,26 | 2,74 | −3,05 | −18,26 | 2,74 | 0 | −19,08 | 2,83 | 0 | −19,08 | 2,83 |
| 42,53 | 9,64 | 9,55 | 35,98 | 35,36 | 35,03 | 42,53 | 9,64 | 9,55 | 35,98 | 35,36 | 35,03 |
| 38,94 | 186,31 | 126,76 | 46,03 | 50,79 | 34,56 | 38,12 | 187,01 | 126,67 | 45,06 | 50,98 | 34,53 |
| 21,97 | 111,47 | 51,22 | 25,97 | 30,39 | 13,96 | 21,16 | 112,17 | 51,13 | 25,01 | 30,58 | 13,94 |

$\vartheta = -1{,}214 \cdot 10^{-6}\, \Delta\gamma_e\, D_m^2/s = -1{,}214 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985^2/25 = -2{,}336 \cdot 10^{-6}$ rad,

respectiv:

— pentru $x = 0$ (pe conturul inferior):

$max \cdot \varepsilon_m = 1{,}409 \cdot 10^{-4}$; $max \cdot \varepsilon_t = -4{,}694 \cdot 10^{-4}$;

$u = \Delta = 0$; $max \cdot v = max \cdot \Delta r = 0{,}701$ mm;

— pentru $x = H_c$ (pe conturul superior):

$$\varepsilon_m = \varepsilon_t = u = \Delta = v = \Delta r = 0,$$

rotirea $\vartheta$ nedepinzînd de cota $x$.

Teoria cu moment. Conform punctului III.5.1.3, calculele se efectuează cu formulele (102)—(111), bineînțeles, după inversarea semnului algebric și operarea substituției $\gamma_i \to \Delta\gamma_e$. Se obține (pentru $x$ în mm):

$$M_m = -0{,}028\, \Delta\gamma_e\, (H_c - x) s^2 = -0{,}028 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x) \cdot 25^2 = -28{,}35\, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x);$$

[(N.mm)/mm]

$$M_t = -0{,}092\, \Delta\gamma_e\, (H_c - x)\, s^2 = -0{,}092 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x) \cdot 25^2 = -93{,}15\, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x);$$

[(N.mm)/mm]

$$\sigma_t'' = \mp 0{,}550\, \Delta\gamma_e\, (H_c - x) = \mp 0{,}550 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x) = \mp 0{,}891\, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x);$$

[N/mm²]

$$\sigma_m'' = \mp 0{,}165\, \Delta\gamma_e\, (H_c - x) = \mp 0{,}165 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x) = \mp 0{,}267\, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x),$$

[N/mm²]

astfel că:

$$\sigma_t = \sigma_t' + \sigma_t'' = -96{,}714\, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x) \mp 0{,}891\, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x) = -(96{,}714 \pm 0{,}891)\, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x);$$

$$\sigma_m = \sigma_m' + \sigma_m'' = \mp 0{,}267 (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\, x),$$

respectiv (pentru $x = 0$):

$$max \cdot M_m = -28{,}35 \text{ (N.mm)/mm};$$

$$max \cdot M_t = -93{,}15 \text{ (N.mm)/mm};$$

$$max \cdot \sigma_t'' = \mp 0{,}89 \text{ N/mm}^2;$$

$$max \cdot \sigma_m'' = \mp 0{,}267 \text{ N/mm}^2;$$

$$max \cdot \sigma_t = \begin{cases} -95{,}82 \text{ N/mm}^2; \\ -97{,}61 \text{ N/mm}^2; \end{cases}$$

$$max \cdot \sigma_m = \mp 0{,}267 \text{ N/mm}^2,$$

ceea ce revine la $\sigma_t \sim \sigma_t'$ și $\sigma_m \to 0$. Deci:

$|max \cdot \sigma_t| = 95{,}82 \text{ N/mm}^2 < \sigma_a = 108 \text{ N/mm}^2$.

**B. Rezemarea simplă pe conturul superior**

Teoria fără moment. Admițîndu-se $V_f = 0$ (șiul are închidere transversală plată) și avîndu-se în vedere că presurizarea este exterioară, conform expresiei (114), se obține:

$$P_0 = -0{,}785 \, \Delta\gamma_e \, D_m^2 \, H_c = -0{,}785 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985^2 \cdot 300 \cdot 10^3 = -1{,}13 \cdot 10^7 \, N = -11{,}3 \text{ MN}$$

și rezultă (formulele 115 și 116):

$$N_m = -0{,}25 \, \Delta\gamma_e \, D_m \, H_c = -0{,}25 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3 = -1209 \text{ N/mm};$$

$$\sigma_m = \sigma_m' = -0{,}25 \, \Delta\gamma_e \, D_m \, H_c/s = -0{,}25 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3/25 = 48{,}36 \text{ N/mm}^2.$$

Conform punctului III.4.2.1, mărimile $N_t$ și $\sigma_t = \sigma_t'$ sînt cele calculate anterior, deoarece $x \in [,0 \; H_c]$, deci:

$$\sigma_{max} = max \cdot \sigma_t = max \cdot \sigma_t' = -96{,}71 \text{ N/mm}^2,$$

respectiv:

$$s' = 22{,}37 \text{ mm} \to s_a = 2{,}63 \text{ mm}.$$

Deformațiile și deplasările. Calculele se efectuează conform punctului III.4.2.2, respectiv conform formulelor (127) — (146), după inversarea semnului algebric și operarea substituției $\gamma_t \to \Delta\gamma_e$, rezultînd:

$$\varepsilon_m = -1{,}214 \cdot 10^{-6} \, \Delta\gamma_e \, D_m \, H_c \, [1 - 0{,}6(1 - x/H_c)]/s = -1{,}214 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot [1 - 0{,}6 \cdot (1 - x/300 \cdot 10^3)]/25 = -2{,}348 \cdot 10^{-4} \, [1 - 0{,}6 \, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6} \, x)];$$

$$\varepsilon_t = -2{,}427 \cdot 10^{-6} \, \Delta\gamma_e \, D_m \, H_c \, [1 - (0{,}15 + x/H_c)]/s = -2{,}427 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot [1 - (0{,}15 + x/300 \cdot 10^3)]/25 = -4{,}694 \cdot 10^{-4} \, [1 - (0{,}15 + 3{,}33 \cdot 10^{-6} \, x)];$$

$$\Delta r = v = 1{,}214 \cdot 10^{-6} \, \Delta\gamma_e \, D_m^2 \, H_c \, [1 - (0{,}15 + x/H_c)]/s = 1{,}214 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985^2 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot [1 - (0{,}15 + x/300 \cdot 10^3)]/25 = 0{,}701[1 - (0{,}15 + 3{,}33 \cdot 10^{-6} \, x]; \quad \text{[mm]}$$

$$\Delta = u = -1{,}214 \cdot 10^{-6} \, \Delta\gamma_e \, D_m \, H_c \, x[1 - 0{,}6 \, (1 - x/H_c)]/s = -1{,}214 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 2985 \cdot 300 \cdot 10^3 \, x \, [1 - 0{,}6 \cdot (1 - x/300 \cdot 10^3)]/25 = -2{,}348 \cdot 10^{-4} \, x[1 - 0{,}6 \, (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6} \, x)]; \quad \text{[mm]}$$

pentru $x = 0$, adică pe conturul inferior, se obține:

$$max \cdot \varepsilon_m = -2{,}348 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0{,}6) = -9{,}392 \cdot 10^{-5};$$

$$max \cdot \varepsilon_t = -4{,}694 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0{,}15) = -3{,}990 \cdot 10^{-4};$$

$$max \cdot \Delta r = max \cdot v = 0{,}701 \cdot (1 - 0{,}15) = 0{,}596 \text{ mm};$$

$$max \cdot \Delta = max \cdot u = 0,$$

iar pentru $x = H_c = 300 \cdot 10^3$ mm, adică pe conturul superior (de rezemare), rezultă:

$$\varepsilon_m = -2{,}348 \cdot 10^{-4}; \quad \varepsilon_t = 7{,}041 \cdot 10^{-5};$$

$$\Delta r = v = -0{,}105 \text{ mm}; \quad \Delta = u = -70{,}44 \text{ mm}.$$

Teoria cu moment. Calculele se efectuează potrivit punctului III.4.2.3, respectiv potrivit formulelor (147) — (164), după inversarea semnului algebric și operarea substituției $\gamma_i \to \Delta\gamma_e$, rezultînd:

$$M_m = -0{,}028 \, \Delta\gamma_e \, H_c \, s^2(0{,}85 - x/H_c) = -0{,}028 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 25^2 \cdot (0{,}85 - x/300 \cdot 10^3) = -28{,}35 \, (0{,}85 - 3{,}33 \cdot 10^{-6} \, x); \quad \text{[(N.mm)/mm]}$$

$$M_t = -0{,}092 \, \Delta\gamma_e \, H_c \, s^2(0{,}85 - x/H_c) = -0{,}092 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 25^2 \cdot (0{,}85 - x/300 \cdot 10^3) = -93{,}15 \, (0{,}85 - 3{,}33 \cdot 10^{-6} \, x), \quad \text{[(N.mm)/mm]}$$

astfel că:

$$\sigma_t'' = \mp 0{,}550\ \Delta\gamma_e\ H_c\ (0{,}85 - x/H_c) =$$

$$= \mp 0{,}550 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (0{,}85 - x/300 \cdot 10^3) = \mp 0{,}891\ (0{,}85 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\ x);$$

[N/mm²]

$$\sigma_m'' = \mp 0{,}165\ \Delta\gamma_e\ H_c\ (0{,}85 - x/H_c) =$$

$$= \mp 0{,}165 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (0{,}85 - x/300 \cdot 10^3) = \mp 0{,}267\ (0{,}85 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\ x),$$

[N/mm²]

respectiv:

$$\sigma_t = -0{,}5\ \Delta\gamma_e\ H_c\ [(D_m/s)\ (1 - x/H_c) \pm$$

$$\pm 0{,}935 \mp 1{,}1\ x/H_c] = -0{,}5 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot [(2985/25)\ (1 - x/300 \cdot 10^3) \pm 0{,}935 \mp$$

$$\mp 1{,}1\ x/300 \cdot 10^3] = -0{,}810[119{,}4\ (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-6}\ x) \pm 0{,}935 \mp 3{,}667 \cdot 10^{-6}\ x];$$

[N/mm²]

$$\sigma_m = -0{,}25\ \Delta\gamma_e\ H_c\ [D_m/s \pm 0{,}561 \mp$$

$$\mp 0{,}66\ x/H_c] = -0{,}25 \cdot 0{,}54 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot (2985/25 \pm 0{,}561 \mp 0{,}66\ x/300 \cdot 10^3) =$$

$$= -0{,}405\ (119{,}4 \pm 0{,}561 \mp 2{,}2 \cdot 10^{-6}\ x),$$

[N/mm²]

pentru $x = 0$, adică pe conturul inferior, obţinîndu-se:

$$max \cdot M_m = -24{,}10\ \text{(N.mm)/mm};$$

$$max \cdot M_t = -79{,}18\ \text{(N.mm)/mm};$$

$$max \cdot \sigma_t'' = \mp 0{,}76\ \text{N/mm};$$

$$max \cdot \sigma_m'' = \mp 0{,}23\ \text{N/mm}^2;$$

$$max \cdot \sigma_t = \begin{cases} -97{,}47\ \text{N/mm}^2; \\ -95{,}96\ \text{N/mm}^2; \end{cases}$$

$$max \cdot \sigma_m = \begin{cases} -48{,}58\ \text{N/mm}^2; \\ -48{,}13\ \text{N/mm}^2, \end{cases}$$

deci:

$$|max \cdot \sigma_t| = 97{,}47\ \text{N/mm}^2 < \sigma_a = 108\ \text{N/mm}^2.$$

# Modelarea de fază a sistemului de hidrocarburi şi stabilirea tipului de zăcămînt de la Tazlăul Mare

Ing. **M. Petre**
Centrul de cercetări şi proiectări pentru gaz metan
Mediaş

La baza modelării de fază a sistemului, precum şi pentru stabilirea tipului de zăcămînt, au stat rezultatele cromatografice, cercetările hidrodinamice, termodinamice şi evoluţia datelor obţinute în procesul de extracţie a hidrocarburilor pe o perioadă de 14 ani.

Sintetizînd aceste rezultate, se remarcă următoarele caracteristici ale complexelor productive de la Tazlăul Mare:

— variaţia coeficienţilor de rezistenţă la curgere laminară şi turbulentă în zăcămînt;

— variaţia compoziţiei chimice a sistemului de hidrocarburi, datorită comportării retrograde a fluidelor cantonate în complexele inferioare, respectiv în gresia de Lucăceşti, menilitele şi disodilele inferioare;

— reducerea permeabilităţii complexelor inferioare, datorită apariţiei fazei lichide în aceste complexe;

— valori mărite ale skin-efectului şi căderi suplimentare de presiune în jurul găurilor de sonde;

— existenţa fenomenului de adsorbţie selectivă face ca sistemul să prezinte variaţii de compoziţie şi pe orizontală, chiar la distanţe mici, variaţii pe care difuzia nu le poate nivela în intervale de timp foarte mari;

— separări gravitaţionale ale fazei gazoase în complexele gresiei de Kliwa;

— formarea unui amestec de hidrocarburi în perforaturile sondelor în care componenţii lichefiabili se reduc în timp, determină reducerea temperaturilor de cricondenterm sub limita temperaturii de zăcămînt.

Această evoluţie s-a înregistrat prin diagramele de stare efectuate în anii 1974, 1975 şi 1977.

Ele reprezintă valori medii ale familiilor de curbe de echilibru ale gresiei de Kliwa şi ale complexelor inferioare, respectiv gresia de Lucăceşti, menilitele şi disodilele inferioare.

— Variaţia densităţii şi a masei moleculare a condensatului sugerează prezenţa unor fenomene anormale în complexele analizate.

Aceste observaţii, corelate cu informaţiile provenite din procesul de extracţie al gazelor, sesizează o comportare retrogradă a fluidelor ce saturează gresia de Lucăceşti, menilitele şi disodilele inferioare.

Evoluţia cantităţilor lichide antrenate de sonde precizează o comportare de speţa I cu domeniul extins prin poziţia punctului critic în stînga cricondenbarului, conform figurii 1.

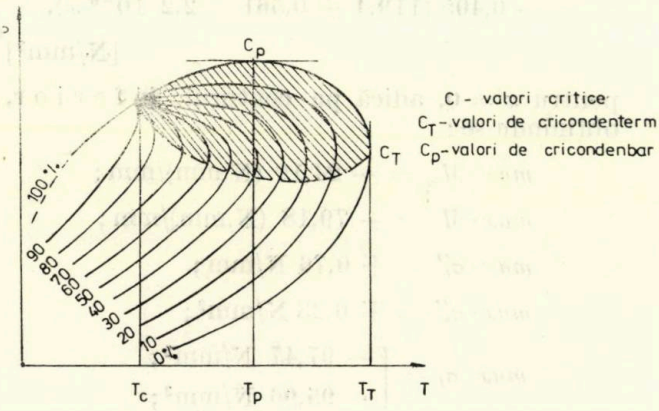



Fig. 1. Comportare retrogradă de speţa I

Deoarece complexele gazeifere de la Tazlăul Mare iniţial se găseau în două faze distincte, în stare fizico-chimică de saturare, o zonă la partea inferioară saturată cu componenţi superiori şi bordată de o zonă cu petrol, susceptibilă de comportare anormală la reducerea potenţialului energetic, şi o fază gazoasă în partea superioară a zăcămîntului, formînd o mare cupolă de gaze, este posibilă încadrarea zăcămîntului în categoria zăcămintelor *false de condensat*.

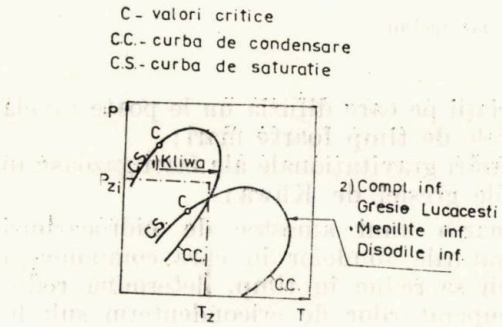



Fig. 2. Cupolă de gaze în comportare retrogradă a complexelor inferioare.

În situaţia zăcămîntului de la Tazlăul Mare, deoarece compoziţiile chimico-structurale ale gresiei de Kliwa şi gresiei de Lucăceşti, menilitelor şi disodilelor inferioare sînt diferite, ele pot fi reprezentate separat prin diagrame individualizate de stare, conform modelării din figura 2.

Modelarea de fază a sistemelor constă în medierea valorilor termodinamice în funcţie de variaţiile de temperatură, presiune şi, implicit, a compoziţiei chimice.

Se menţionează faptul că operaţiile de modelare a exploatării unor astfel de zăcăminte, prin destinderi succesive cu revenire la volum constant, fără menţinerea presiunii chiar dacă în instalaţiile PVT se creează condiţiile de presiune şi temperatură din zăcămînt, sînt needificatoare din punctul de vedere al comportării de fază în condiţii de zăcămînt.

De asemenea, modelarea matematică a exploatării zăcămîntului, fără menţinerea presiunii pe baza compoziţiei afluxului şi a constantelor de echilibru, nu reflectă comportarea reală a sistemului în fiecare complex grupat în exploatare.

Consecinţele cunoaşterii compoziţiei şi naturii fluidului în condiţii de zăcămînt are importanţă economică, avîndu-se în vedere posibilităţile de efectuare a unor investiţii necesare degazolinării şi deetanizării gazelor.

**Bibliografie**


[1] Creţu, I. *Hidraulica subterană*. Ed. tehnică, Bucureşti, 1956.

[2] Creţu, I. *Hidraulica generală şi subterană*. Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1971.

[3] Soare, Al. *Hidraulica subterană*. Multiplicat I.P.G., 1974.

[4] Matthies, P. E. *Practical Application of Interference Tests*. SPE, 1963.

[5] Manolescu, G. *Fizica zăcămintelor de hidrocarburi*. Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1964.

[6] Petre, M. *Studiu de exploatare, evaluare şi fundamentare a investiţiilor din structura Tazlăul Mare*. Arhiva C.C.P.G.M. Mediaş, 1982.

# Noi date şi interpretări privind structura de adîncime a Platformei moesice

Dr. geol. **D. Parashiv**
I.C.P.P.G. Cîmpina

Noţiunea de „Platformă moesică" este asociată, spontan şi aproape invariabil, cu imaginea unei arii în cadrul căreia depozitele sedimentare se dispun monoclinal şi cad, în trepte, de la sud către nord, în faţa Carpaţilor. Această dispoziţie a formaţiunilor din cuvertură s-a desăvîrşit în timpul neogenului ca urmare a procesului de subîmpingere exercitat de Vorland şi a fragmentării lui de către o reţea de falii orientată, în general, est-vest.

Modelul structural schiţat mai înainte a stat la baza orientării activităţii de prospecţiune şi explorare pentru hidrocarburi în ultimii 25 ani şi rezultatele obţinute l-au impus fără rezerve. Verificat în cazul depozitelor neogene, modelul respectiv a fost apoi extins la formaţiunile mezozoice şi chiar paleozoice. Concepţia menţionată, devenită aproape exclusivă, şi-a diminuat, însă, treptat potenţialul economic, astfel încît descoperirea unor noi obiective şi zone petro-gazeifiere nu mai apare posibilă decît realizînd un salt calitativ în gîndirea geologică şi anume, reconsiderînd interpretările actuale privind evoluţia Platformei moesice, cel puţin la nivelul formaţiunilor insuficient cercetate, situate la adîncime. Cîteva tentative de dată recentă au avut loc în acest sens, atît în ceea ce priveşte sectorul estic al platformei — corespunzător microplăcii Mării Negre [2 ; 3], cît şi partea central-nordică a ariei în discuţie [1].

În legătură cu sectorul de la vest de rîul Dîmboviţa, s-a avansat ideea unor raporturi de încălecare, la nivelul prejurasicului, în lungul faliei Petreşti-Corbii Mari, în sensul că paleozoicul inferior şi mediu al compartimentului nordic încalecă permianul megablocului sudic [1]. Scopul principal al publicării articolului menţionat l-a constituit, de fapt, invitaţia la o discuţie publică pe marginea tectonicii prejurasicului din Platforma moesică.

În răstimp de mai bine de un an nu s-au consemnat luări de poziţie în problema supusă discuţiei, în schimb au intervenit noi date de sonde care vin în sprijinul unor modele asemănătoare. Cîteva dintre datele noi se referă la sectorul Pădureţi-Gliganu (fig. 1), sector ce va face obiectul rîndurilor următoare.

La Pădureţi s-a săpat, în anul 1977, sonda 5215, pînă la adîncimea de 6 003 m. Traversînd succesiunea normală a neogenului, cretacicului şi jurasicului, cunoscută în regiune, sonda a intrat în triasicul mediu la 3 871 m, apoi în triasicul inferior (3 973 m) şi, în final, în premezozoic (4 145 m). La partea superioară, pe primii 400 m, pretriasicul este constituit din argile, silturi, gresii şi conglomerate (fig. 2) cu anhidrit pe fisuri, rocile avînd culoare brun-roşcată. Mai departe, în adîncime, urmează un orizont de breccii vulcanice, alcătuite din elemente bazaltice şi variolite, prinse într-o matrice argilo-calcitică feruginoasă, brun-ciocolatie, cu material tufogen şi silicifieri. Grosimea acestui orizont este de circa 500 m. Brecciile se dispun peste bazalte hidrotermalizate (cca 300 m). Potrivit analizelor făcute în cadrul laboratoarelor Ministerului Petrolului, sub bazalte, pe un interval de 80—100 m, s-au întîlnit porfire feldspatice (aproximativ între 5 420 şi 5 506 m), iar sub acestea, din nou bazalte care, pînă la adîncimea finală de 6 003 m, n-au

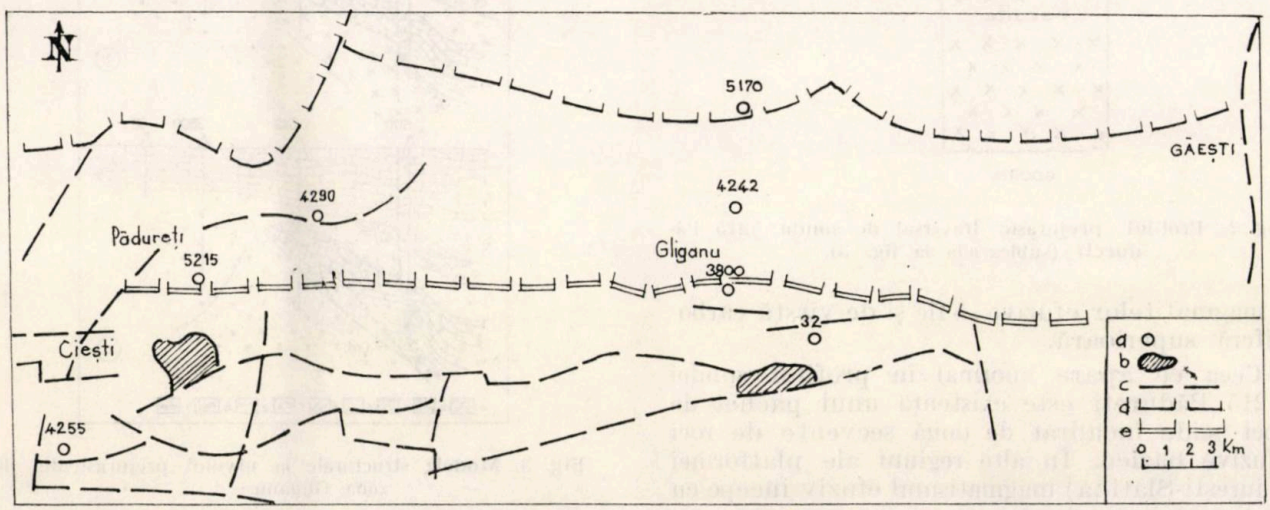



Fig. 1. Cadrul structural al zonei Pădureţi-Gliganu :
*a* — foraje de interes geologic ; *b* — zăcăminte de hidrocarburi ; *c* — accidente disjunctive ; *d* — linia Bibeşti-Tinosu, *e* — linia Gliganu.

fost traversate în întregime. Față de schema stratigrafică adoptată în industria extractivă a petrolului din România, întreaga succesiune traversată de sondă sub triasicul inferior, adică între 4 145 și 6 003 m, aparține permianului, neexcluzîndu-se însă posibilitatea ca o parte

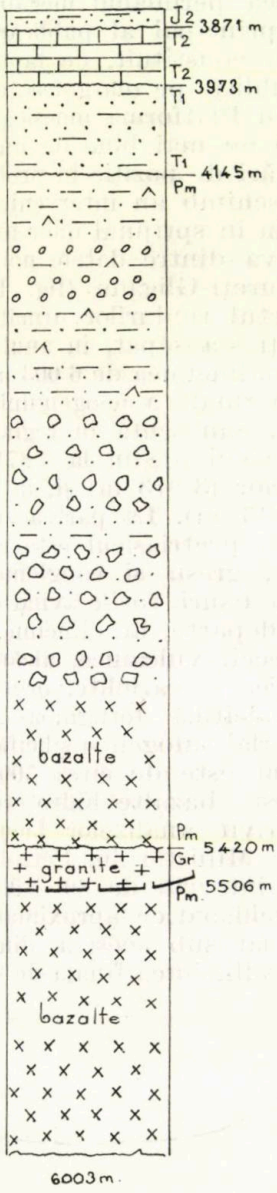



Fig. 2. Profilul prejurasic traversat de sonda 5215 Pădureți (sublegenda la fig. 3).

a magmatitelor efuzive să fie și de vîrstă carboniferă superioară.

Ceea ce apare anormal în profilul sondei 5 215 Pădureți este existența unui pachet de roci acide încadrat de două secvențe de roci efuzive bazice. În alte regiuni ale platformei (Ciurești-Slatina) magmatismul efuziv începe cu roci acide (porfire) și continuă cu roci bazice (bazalte). În acest context rezultă că orizontul inferior de bazalte întîlnit de sonda 5215, se găsește în poziție tectonică(încălecat).

Foarte recent, carotele provenind de la Pădureți au fost reexaminate în cadrul Institutului de geologie și geofizică (H. Savu) cu care ocazie s-a ajuns la concluzia că eșantinoul de la adîncmiea de 5 505 m este, de fapt, granit laminat și nu porfir. Aspectul deformat (zdrobit) al mineralelor componente reprezintă efectul unor procese dinamice foarte pronunțate în regiune. Pe de altă parte, determinările de vîrstă izotopică efectuate, de asemenea, recent [4], asupra metamorfitelor și magmatitelor din Platforma moesică indică, pentru granitele de la Mogoșești — punct situat la circa 30 km vest de Pădureți, 371 ± 11 mil. ani, în timp ce vîrsta bazaltelor este de 240, maximum 280 mil. ani.

Noile date aduse în discuție constituie argumente suplimentare în susținerea relațiilor de încălecare între secvența de roci acide și cea de roci bazice traversate de sonda 5215 Pădureți (fig. 2).

La aproximativ 20 km est-nord-est de Pădureți s-au săpat, printre altele, sondele 5170 Gruiu și 4242 Gliganu (fig. 1, 3). Prima dintre

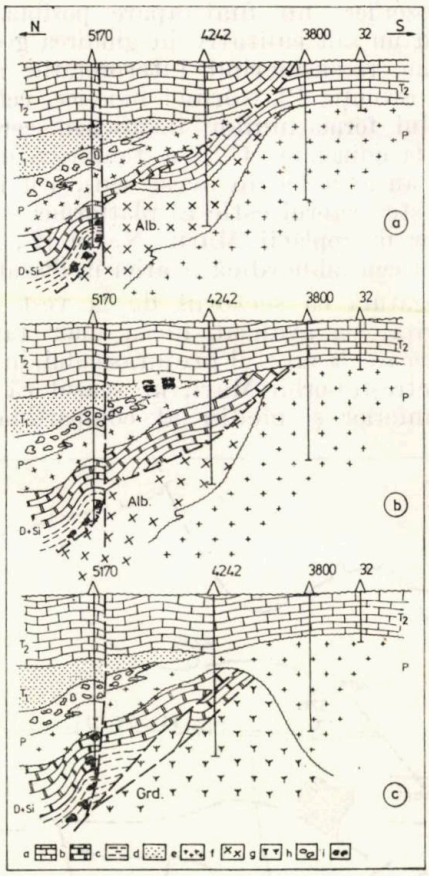



Fig. 3. Modele structurale la nivelul prejurasicului din zona Gliganu :

*a* — calcare triasice ; *b* — roci carbonatice devoniene ; *c* — argile, marne ; *d* — gresii ; *e* — porfire ; *f* — albitofire ; *g* — granodiorite ; *h* — breccii vulcanice ; *i* — breccii tectonice.

ele, cu adîncimea finală de 4 704 m, a deschis o succesiune normală, pînă la permain, inclusiv. Baza jurasicului se află la 4 280 m, triasicul inferior între 4 280 și 4 372 m, iar permianul între 4 372 și 4 555 m. Acest din urmă termen este alcătuit dintr-o secvență superioară (4 372 —4 490 m), constînd din breccie vulcanică cu elemente de bazalt — echivalentul, probabil, al magmatitelor bazice din platformă și dintr-o secvență inferioară (4 490 — 4 555 m) reprezentată prin porfire feldspatice. Sub efuziunile acide, carota de la adîncimea de 4 600 —4 630 m indică argilit negricios, calcar argilos și calcar dolomitic, cu înclinări de 50° și cu frecvente oglinzi de fricțiune. Mai jos, din intervalul 4 700 —4 704 m, s-a recuperat o breccie tectonică, alcătuită din calcare dolomitice și argilite, cu oglinzi de fricțiune. Contactul dintre argile și calcare apare neregulat ca urmare a efectelor mecanice (tectonice= stress) la care a fost supusă roca. Sînt de reținut, deci, și aici aceleași efecte dinamice, semnalate la Pădureți. Potrivit determinărilor făcute de N. Dăneț, ultima carotă mecanică amintită conține microfaună posibil eodevoniană, constînd din: Thurammina arcuata Moreman, T. phasela Mor., Hyperammina bulbosa Gushman, Waters, Bathysiphon exiguus Mor., Metamorphina gibbosa (Ireland,) Stegnammina cylindrica Mor. Psammophax horniscoides Summerson. Față de datele existente s-a apreciat că, la Gruiu, porfirele feldspatice se dispun, direct, peste depozitele breccifiate ale devonianului inferior-mediu. Frecvența oglinzilor de fricțiune și prezența brecciilor tectonice sugerează existența în apropierea sondei, a unei importante linii tectonice.

În zona Gliganu, de un deosebit interes apare profilul traversat de sonda 4 242 care a atins adîncimea de 4 153 m (fig. 1, 3). Și acest foraj a deschis o succesiune normală pînă la triasicul mediu, inclusiv. Baza jurasicului a fost întîlnită la adîncimea de 3 601 m, iar triasicul mediu se dezvoltă pe intervalul 3 601 —3 800 m. Sub dolomitele triasice, între 3 800 și 3 860 m, s-au întîlnit porfire feldspatice, considerate permiene, dacă nu chiar carbonifere superioare. De la 3 860 m și pînă la 4 002 m s-au traversat, din nou, dolomite, destul de asemănătoare celor triasice. Conținutul microfaunistic semnalat de N. Dăneț în carota de la 3 970 —3 973 m este neconcludent, dar ar putea sugera anisianul inferior. Formele identificate în carotă sînt reprezentate prin: Tolypammina sp. Lituotuba indistincta (Trifonova), Glomospirella hoi Kristan, Glomospirella tenuifistula (Ho), Meandrospira pussilla (Ho), Trochamminoides antis Styk. Supusă reexaminării, carota respectivă n-a furnizat elemente suplimentare, nici paleontologice și nici petrografice care să o diferențieze de secvența triasică din acoperișul porfirelor feldspatice.

Două carote extrase sub secvența carbonatică inferioară, la adîncimile de 4 100 —4 102 și 4 147 —4 149 m, au indicat granodiorit cu hornblendă și biotit și, respectiv, granodiorit cu biotit, piroxeni și amfiboli. Ambele analize s-au efectuat în laboratoarele Ministerului Petrolului.

Într-o lucrare de sinteză elaborată de Pătruț și col. [5] s-a considerat că sonda 4 242 Gliganu a traversat o succesiune normală: neogenul, malm-cretacicul, jurasicul mediu, triasicul mediu, profirele permiene, calcarele devoniene (secvența carbonatică inferioară cu afinități triasice) și, în final, fundamentul. Autorii studiului amintit consideră că magmatitele bazale (4 002 —4 153 m), determinate ca granodiorite, au fost puse în loc probabil în precambrian și constituie fundamentul platformei.

Cu totul recent, determinările de vîrstă izotopică efectuate pe ambele carote extrase din „granodiorite", la 4 100 —4 102 m și 4 147 — —4 149 m, au indicat aceleași valori și anume 281 ±8 mil. ani [4], fapt care evidențiază vîrsta lor hercinică. Mai mult, reexaminate în cadrul Institutului de geologie și geofizică (H. Savu), magmatitele bazale au fost identificate drept albitofire.

În pofida caracterului controversat al unor date și interpretări, sonda 4 242 Gliganu, împreună cu forajele 5170 Gruiu și 3 800 Gliganu, sugerează existența unor raporturi tectonice, de încălecare între diferite formațiuni prejurasice. Controversele semnalate nu infirmă, ci pun în discuție doar momentul producerii unor astfel de raporturi: triasicul superior sau triasicul inferior. În figura 3 se redau trei dintre numeroasele modele care se pot realiza în regiunea Pădureți-Gliganu, pornindu-se de la baza jurasicului în jos.

Modelul *a* respectă, în măsura cea mai mare, rezultatele obținute cu sonda 4 242. Acesta pune în evidență o importantă linie de încălecare, eochimeriană, sub planul căreia sînt prinse dolomitele triasicului mediu. Potrivit modelului *a* sonda 4 242 a traversat, succesiv, triasicul mediu, porfirele permiene (situație întîlnită în majoritatea sondelor săpate în regiune), din nou triasicul mediu și, în final, secvența de albitofire — considerată echivalentul fazei de efuziuni bazice.

Modelul *b* admite posibilitatea ca secvența carbonatică inferioară să aparțină paleozoicului, mai precis devonianului, ca și în cazul forajului 4 170 Gruiu. În aceste condiții planul de încălecare se plasează la contactul dintre dolomite și albitofire, întrucît spilitele sînt substanțial mai tinere (281 mil. ani) comparativ cu rocile carbonatice de deasupra (mai mult de 350 mil. ani). În alternativa *b* înseamnă că încălecarea s-a produs în triasicul inferior.

Modelul *c*, exprimînd o condiţie normală, eludează însă o serie de elemente, ca de exemplu : posibila vîrstă triasică a secvenţei carbonatice inferioare, lipsa oricărei urme de metamorfism de contact în cadrul acestei secvenţe, caracterul subacvatic al magmatitelor bazale, considerîndu-le intrusive. De asemenea, se acordă o vîrstă mai recentă porfirelor comparativ cu cea a „granodioritelor", stabilită izotopic şi face abstracţie de situaţia întîlnită la Pădureţi. Cu toate acestea, şi modelul *c* sugerează o schimbare a planului de situaţie, însă mai jos de baza permianului.

Datele de cunoaştere expuse şi analizate mai înainte permit acceptarea existenţei unor complicaţii tectonice, de genul încălecărilor, la nivelul prejurasicului din zona Pădureţi-Gliganu. Dacă se admite că deranjamentele semnalate la Pădureţi (laminarea granitelor) şi la Gruiu (prezenţa brecciilor tectonice) se polarizează în jurul aceluiaşi accident tectonic, atunci se apreciază că amploarea încălecării este de ordinul a 5—7 km. Rămîne deschisă probelema vîrstei complicaţiilor respective. Oricum, acestea par să fie de vîrstă triasică, legate fie de diastrofismul eokimmeric, fie de un stadiu tîrziu al fazei pfalzice. În microplaca Mării Negre contextul geologic regional pledează pentru vîrsta eokimmerică a unor relaţii similare dar de anvergură mai mică [2]. Dealtfel, în acest compartiment al platformei se cunosc relaţii de încălecare, în care sînt implicate şi depozitele neojurasice din lungul faliilor Peceneaga-Camena şi Capidava-Ovidiu.

Făcînd o legătură între situaţiile întîlnite la Pădureţi şi Gruiu-Gliganu înseamnă că accidentul tectonic în discuţie, pe care îl denumim „linia Gliganu", se întinde pe o lungime de cel puţin 25 km, existînd posibilitatea ca aceasta să continue destul de mult, atît spre vest, dar mai ales către est. Ţinînd seama de contextul geologic regional şi de stadiul actual al gîndirii se pare că linia Gliganu nu reprezintă nici singurul şi nici cel mai important plan de încălecare din microplaca vestică (moesică). În acelaşi timp, însă, penuria datelor şi caracterul contradictoriu al unora dintre ele impun încă rezerve în legătură cu admiterea şi generalizarea modelelor elaborate. Ca urmare, concepţia expusă în articolul de faţă constituie doar o premiză de lucru, care urmează să mai fie verificată în viitor.

Verificarea unei astfel de concepţii se impune cu prioritate, întrucît existenţa relaţiilor tectonice de acest gen are o importanţă covîrşitoare asupra aprecierii perspectivelor de hidrocarburi a depozitelor prejurasice şi adoptării strategiei lucrărilor de prospecţiune şi explorare.

**Bibliografie**


[1] Paraschiv, D. *Spre o nouă concepţie asupra evoluţiei Platformei moesice?* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 4, 1981, p. 207—210

[2] Paraschiv, D. *Cu privire la structura de adîncime a Platformei moesice la est de meridianul Bucureşti.* St. cerc. geol., geof., geogr., seria geol., 27/1, p. 41—56, Bucureşti, 1982.

[3] Paraschiv, D., Dăneţ, N., Popescu, M., Dumitrescu, V. *The present stage of Pre-Jurasic deposit knowledge in South Dobrogea.* Carp.-Balk. Geol. Assoc. 12 Congr., Bucharest, 1981.

[4] Paraschiv, D., Demetrescu, Cr., Soroiu, M. *Date geocronologice referitoare la fundamentul metamorfic şi la unele corpuri magmatice din Platforma moesică.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 5, 1982, p. 251—254.

[5] Pătruţ, I. ş.a. *Doggerul, Triasicul şi Paleozoicul de pe marginea de nord a Platformei moesice, între valea Jiului şi valea Argeşului.* Arhiva M.P., Bucureşti, 1980.

## Teză de doctorat

La Institutul de Petrol și Gaze din Ploiești s-a susținut teza de doctorat *Contribuții privind îmbunătățirea tehnologiei de exploatare a sondelor prin erupție artificială*, elaborată de ing. Truică Vasile, șef laborator la Institutul de cercetări și proiectări petrol și gaze Cîmpina.

Lucrarea a fost elaborată sub conducerea științifică a prof. dr. ing. Ion Tocan, comisia de doctorat fiind alcătuită din prof. dr. ing Ion Crețu — președinte, prof. dr. ing. Ion Tocan, prof. dr. ing. Alexandru Soare, conf. dr. ing. Constantin Popa, cercetător științific principal, dr. ing. Aurel Circoană.

Tema abordată este de mare actualitate, întrucît descoperirea de noi zăcăminte de țiței și gaze, în mare parte, la adîncimi din ce în ce mai mari și în zone greu accesibile, a condus, în ultimul timp, la necesitatea de a se reconsidera modul de aplicare a tehnologiilor de exploatare a sondelor, utilizate pînă în prezent.

În acest scop, pentru îmbunătățirea tehnologiei de exploatare a sondelor prin erupție artificială, autorul tezei și-a orientat cercetările teoretice și experimentale efectuate către studierea unor aspecte ce caracterizează procesul complex al ascensiunii amestecurilor bifazice în coloane de țevi de extracție și către elaborarea unor metode și dispozitive noi sau perfecționate, aducînd astfel contribuții de mare valoare la dezvoltarea și perfecționarea exploatării sondelor prin erupție artificială.

După o prezentare introductivă de largă orientare, în cap. I se face un studiu aprofundat cu privire la ascensiunea amestecurilor bifazice în coloane de țevi de extracție, în care, într-un mod original, este pusă în evidență natura și ponderea pierderilor de energie în sistemul strat-sondă-separator, elaborîndu-se totodată o corelație nouă între pierderile de energie la ascensiunea amestecurilor bifazice în țevile de extracție și indicile de productivitate al sondei, care va servi la dimensionarea corectă a țevilor de extracție și la proiectarea regimului tehnologic de funcționare al sondelor în erupție artificială.

În cap. al II-lea se cercetează variația gradienților de presiune în coloana de țevi de extracție, la sonde aflate în diferite perioade de exploatare prin erupție naturală, punîndu-se în evidență fenomenele de formare a unui nivel de țiței în sonde în ultima fază a erupției naturale și de creștere a valorilor gradienților de presiune în domeniul densităților mici ale amestecului bifazic, aproape de suprafață. De asemenea, se propun unele procedee și metode pentru prevenirea și combaterea urmărilor acestor fenomene.

În cap. al III-lea se prezintă îmbunătățirile aduse metodologiei de lucru grafo-analitice de stabilire a regimului tehnologic de exploatare a sondelor prin erupție naturală și o nouă tehnologie optimizată și un program de calculator care permite să se efectueze calcule de proiectare pentru mai multe variante ale parametrilor de lucru pînă la obținerea regimului tehnologic optim de funcționare a sondelor prin erupție artificială.

În cap. al IV-lea sînt prezentate unele cercetări teoretice și experimentale care au condus la îmbunătățirea tehnologiei de exploatare a sondelor prin erupție artificială, prin elaborarea unor dispozitive de injecție noi, aplicații ale „efectului Coandă" și a unei metode de calcul și dimensionare a echipamentului și dispozitivelor de injecție.

Tehnologia îmbunătățită și modelul de calcul propus au fost aplicate la proiectarea tehnologiei de exploatare prin erupție artificială a mai multor sonde, obținîndu-se creșterea cantităților de țiței extras și reducerea consumului de gaze injectate.

În ultimul capitol, autorul sintetizează principalele concluzii care rezultă din lucrare evidențiind, în mod deosebit, condițiile și posibilitățile de aplicare a dispozitivelor, procedeelor și metodelor elaborate, în vederea obținerii unei exploatări în condițiile unei eficiențe tehnico-economice cît mai ridicate.

Teza de doctorat, prin cercetările, experimentele și rezutatele obținute, are o mare valoare științifică și tehnico-economică pentru industria extractivă de țiței și gaze și își găsește o largă aplicabilitate în producție la exploatarea sondelor din mai multe șantiere.

Ing. **I. Stanciu**

## Sesiunea de referate și comunicări științifice a Institutului de cercetări, inginerie tehnologică și proiectări pentru minereuri neferoase I.C.P.M.N. Baia Mare

În zilele de 26—28 octombrie 1982, la sediul Institutului de cercetări, inginerie tehnologică și proiectări pentru minereuri neferoase Baia Mare, s-au desfășurat lucrările manifestării tehnico-științifice „Sesiunea de referate și comunicări științifice a I.C.P.M.N. — 1982".

După cuvîntarea de deschidere rostită de dr. ing. *P. Ilie* — directorul institutului — a început ședința plenară a sesiunii, în cadrul căreia s-a prezentat comunicarea cu tema „Dezarmare — știință — resurse de materii prime" și un număr de 7 lucrări cu caracter general, care au cuprins preocupările specialiștilor legate de problematica asigurării cu materii prime a economiei naționale, soluții de transport minier în vederea înlocuirii transportului auto a minereului în zona Baia Mare, soluții de automatizare în minerit și uzine de preparare, preocupări în vederea reducerii consumurilor de energie și combustibili la unitățile miniere, obținerea unor reactivi de flotație din materii prime autohtone, cercetări privind epurarea apelor de mină, iar cu un caracter inedit s-au prezentat cercetări privind incidența principalelor boli cardio-vasculare la personalul de cercetare-proiectare din institut.

La ședința plenară au participat specialiști din cadrul institutului, din unități miniere și de preparare ale Centralei minereurilor Baia Mare și Centralei minereurilor Deva, unități de cercetare-proiectare și producție din domeniul minereurilor neferoase, feroase, nemetalifere și a cărbunelui, specialiști din institutele de învățămînt superior și studenți.

În urma epuizării problematicii dezbătute în ședința plenară, lucrările s-au desfășurat în cadrul a două secții, patru reuniuni de masă rotundă și o consfătuire.

*

În cadrul secției I — minerit, au fost prezentate 15 lucrări, oglindind preocupările specialiștilor din cercetare-proiectare și producție legate de: metode de exploatare; procedee de săpare; îmbunătățirea parametrilor de împușcare; mecanica rocilor — aplicată; transport minier; mecanizarea unor operații ale fluxului tehnologic minier, probleme de prognoze și programare a producției.

Lucrările secțiunii, datorită varietății problematicii abordate, au stîrnit un larg interes în rîndul participanților, finalizîndu-se cu discuții constructive, ale căror concluzii se pot restrînge la următoarele:

- este necesară reanalizarea metodelor de exploatare aplicate în unele condiții geo-miniere, în vederea introducerii unor tehnologii de mare productivitate, folosind utilaje de capacitate mărită;

● la calculul parametrilor de împuşcare — determinarea intervalelor de întîrziere — să se ţină cont de proprietăţile mecano-elastice ale rocilor, aplicînd noile relaţii prezentate;

● la alegerea şi dimensionarea susţinerilor, precum şi la dirijarea presiunilor miniere, acolo unde este posibil, să se folosească şi factorul de fisuraţie (Kiruna), calculat după metodologia prezentată în cadrul lucrărilor;

● programarea producţiei miniere să se facă în baza metodologiei îmbunătăţite, propuse;

● generalizarea mecanizării încărcării găurilor de mină cu explozivi, în vederea reducerii consumului specific şi creşterii randamentului de rupere şi a productivităţii muncii;

● generalizarea folosirii maşinilor de extracţie de concepţie şi producţie românească cu sisteme de acţionare şi automatizare concepute în cadrul institutului.

★

Problemele abordate în cadrul secţiei II — preparare, prezentate în 6 lucrări, au tratat, atît cercetări legate de tehnologiile de preparare, cît şi aspecte legate de dotarea uzinelor de preparare a minereurilor cu utilaje noi şi perfecţionate.

Astfel, au fost prezentate preocupările specialiştilor legate de: recuperarea fracţiilor cu conţinut de W şi Sn din sterilele de flotaţie; utilizarea ferofluidelor în procesele de separare selectivă a concentratelor şi minereurilor neferoase; cercetări pentru reducerea umidităţii concentratelor şi cercetări de preparare ale minereurilor din zone noi.

Legat de aspectele de dotare cu utilaje, cercetările au tratat asimilarea unor utilaje de preparare pentru flotaţie şi realizarea unui sistem de transport aerodepresiv containerizat prin conducte a zgurilor metalurgice.

Dezbaterile pe marginea lucrărilor au avut drept rezultat sublinierea rezultatelor bune obţinute în vederea soluţionării problemelor, ridicate de necesităţile producţiei şi promovării a noi rezerve de substanţe minerale utile şi stabilirea căilor de implementare în producţie şi generalizare rapidă a rezultatelor pozitive obţinute.

La lucrările secţiei au participat, pe lîngă colectivele de autori, şi specialişti în domeniu, din întreaga ţară.

Lucrările secţiei de preparare s-au încheiat cu o vizită de lucru la Flotaţia centrală Baia Mare.

★

Reuniunile de masă rotundă cu temele: „Tehnologii de măcinare autogenă a minereurilor neferoase" şi „Separarea concentratelor plumbo-cuproase" s-au desfăşurat în cadrul aceleiaşi dezbateri, avîndu-se în vedere caracterul comun a domeniului de aplicare.

Cele 2 lucrări prezentate şi dezbătute cu ocazia reuniunii s-au referit la rezultatele cercetărilor întreprinse în vederea tratării fracţiilor critice în treapta a II-a de măcinare autogenă, planul de măsuri în vederea creşterii capacităţii de măcinare şi rezultatele obţinute în separarea concentratelor plumbo-cuproase cu implicaţii asupra creşterii randamentelor de extracţie şi a calităţii concentratelor de metale neferoase.

Cu ocazia dezbaterilor, participanţii au scos în evidenţă importanţa problematicii abordate şi necesitatea continuării cercetărilor în acest domeniu.

★

Într-un alt cadru organizatoric s-au desfăşurat reuniunile de masă rotundă cu temele: „Noutăţi şi perspective în prelucrarea unor minereuri sărace în conţinut" şi „Dezvoltare — progres tehnic — mediu înconjurător".

Cu ocazia dezbaterilor s-au prezentat 7, respectiv 2 lucrări abordînd următoarele probleme:

— noua ordine economică şi folosirea resurselor;

— valorificarea prin tehnologii neconvenţionale a concentratelor molibdenitice sărace, scoţîndu-se în evidenţă rezultatele obţinute şi necesitatea continuării cercetărilor la scară pilot şi extinderea ulterioară pentru realizarea produsului — molibdat de calciu — prin microproducţie;

— cercetări pentru stabilirea unor tehnologii de leşiere bacteriană a minereurilor de cupru, prezentată în trei etape distincte, cercetări microbiologice şi testări de leşiere a minereului la scară laborator şi pilot, aspecte teoretice necesare transpunerii la o scară mai mare şi problemele proiectării instalaţiei de leşiere bacteriană la scara semiindustrială;

— noi aspecte ale valorificării mercurului din nămolurile rezultate în industria clorosodică, prin metodă hidrometalurgică şi flotaţie, urmată de prelucrarea concentratului obţinut, cu perspectiva aplicării tehnologiei pentru valorificarea unor minereuri sărace de mercur;

— valorificarea superioară a rezervelor polimetalice secundare, cum ar fi pirite şi produse piritice, printr-un procedeu de reflotare a sterilelor din halde şi a produselor piritice, în scopul recuperării metalelor neferoase;

— valorificarea metalelor din nămolurile rezultate la epurarea apelor de mină, ducînd la o recuperare parţială sau chiar totală, după caz, a cheltuielilor de epurare;

— realizări şi preocupări în domeniul gospodăririi şi epurării apelor industriale din unităţile C. M. Baia Mare.

Problematicile dezbătute au stîrnit un viu interes în rîndul participanţilor, fiind scoasă în evidenţă necesitatea realizării unei instalaţii de recuperare a mercurului, importanţa construirii instalaţiei semiindustriale de leşiere microbiologică a cuprului, continuarea cercetărilor în celelalte domenii şi necesitatea valorificării rapide în producţie a rezultatelor pozitive obţinute.

★

Lucrările consfătuirii „Automatizarea instalaţiilor de preparare — realizări, cercetări, inginerie şi prevederi" s-au desfăşurat cu participarea unor colective de autori şi specialişti din institutele de cercetare-proiectare din Baia Mare, Cluj-Napoca, Deva, Petroşani şi Craiova, alături de alţi invitaţi de la diferite unităţi de preparare din ţară.

În cadrul celor 13 lucrări prezentate la această consfătuire, au fost scoase în evidenţă preocupările colectivelor de autori legate de:

● utilizarea economicoasă a energiei electrice în uzinele de preparare a minereurilor neferoase;

● automatizarea unor linii tehnologice de preparare, a instalaţiei de antezdrobire şi a sistemelor de transport pe tunel;

● realizarea unor elemente de automatizare cum ar fi: umidometru cu neutroni, instalaţie pneumatică pentru reglarea nivelului de tulbureală la celulele de flotaţie, analizor de fluorescenţă cu raze X în flux continuu pentru flotaţii;

● programator pentru scuturarea automată a filtrelor cu saci, limitator de mers în gol pentru transportor cu bandă, regulator electronic bipoziţional pentru asigurarea încărcării optime a morilor de micronizare şi regulator pentru îmbunătăţirea factorului de putere;

● realizarea unor instalaţii electrice de automatizare şi dispecerizare; introducerea calculatorului de proces pentru conducerea procesului tehnologic de preparare şi prevederi privind controlul şi reglajul automat al principalilor parametrii directori ai procesului de preparare de la noile obiective.

Dezbaterile au continuat cu ocazia vizitelor de lucru la uzinele de preparare Flotaţia centrală — Baia Mare, Rodna şi Tarniţa, unde au fost analizate pe viu automatizările realizate la aceste unităţi şi posibilităţile de extindere şi la alte uzine de preparare din ţară.

Principalele concluzii ce s-au desprins în urma discuţiilor s-au referit la:

● necesitatea unirii eforturilor pentru introducerea în continuare a sistemelor de automatizare în unităţile de preparare a minereurilor neferoase;

● includerea în proiecte a celor mai moderne realizări în domenia — calculator de proces, automate programabile, analizoare;

● necesitatea organizării unor grupe A.M.C. la fiecare unitate, unde se preconizează introducerea automatizării şi realizarea unei legături mai strînse între institutele de cercetare-proiectare şi uzinele de preparare.

★

În final se poate aminti ca o concluzie de fond, rezultată din dezbaterile manifestării tehnico-ştiinţifice, că această acţiune a avut o importanţă deosebită pentru specialiştii din industria minieră care şi-au exprimat dorinţa ca astfel de manifestări să se organizeze cu regularitate, contribuind la popularizarea celor mai noi realizări în domeniu.

# INDEX


**Editoriale**

* * * **Apelul participanților la Simpozionul internațional „Oamenii de știință și pacea“**, nr. 8, p. 357

* * * **Din realizările minerilor noștri**, nr. 8, p. 359

*Ilie, P. și Bănărescu, M.* **Dezarmare, știință, resurse de materii prime**, nr. 12, p. 553

* * * **Mesajul președintelui Republicii Socialiste România, Nicolae Ceaușescu, adresat participanților la Simpozionul internațional „Oamenii de știință și pacea“**, nr. 8, p. 355

*Miclea, Al.* **Contribuția Institutului de cercetări și proiectări miniere pentru cărbune Petroșani la modernizarea tehnologiilor de extracție și preparare a huilei din Valea Jiului**, nr. 10, p. 451

* * * **Petrolul românesc — trecut, prezent, perspective**, nr. 10, p. 445

*Scripăț, V., Grou, I., Iaru, Al. și Popescu, St.* **Realizări și orientări în domeniul gospodăririi și protecției calității apelor în industria extractivă minieră**, nr. 5, p. 201

* * * **Tehnologii de extracție și de preparare a minereurilor neferoase**, nr. 11, p. 503

* * * **Vizita de lucru a tovarășului Nicolae Ceaușescu în bazinul carbonifer Valea Jiului**, nr. 9, p. 405

**Geologie, prospecțiuni, explorări**

*Alexe, I., Dimofte, C., Popescu Rodica, Rusu Elena și Niculescu, V.* **Observații geologice în versantul nordic al Munților Vilcan între Valea Braia și Valea Morișoara**, nr. 10, p. 469

*Balteș, N.* **Studiul optic al substanței organice din depozitele neogene ale promontoriului Bordei Verde cu privire specială asupra condițiilor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi (I)** nr. 6, p. 290

*Balteș, N.* **Studiul optic al substanței organice din depozitele neogene ale promotorului Bordei Verde cu privire specială asupra condițiilor de formare a zăcămintelor de hidrocarburi (II)**, nr. 9, p. 433

*Biriescu, Al.* **Transmiterea orientării cu control în subteran utilizînd două fire lestate pe un puț vertical**, nr. 4, p. 159

*Cosma, R.* **Caracteristici calitative, zone de perspectivă și posibilități de valorificare ale tufurilor vulcanice din România**, nr. 1, p. 27

*Gașpar, E. și Calilina, R.* **Tehnici izotopice în industria minieră. Trasori în cercetări hidrogeologice**, nr. 6, p. 259

*Paraschiv, D.* **Principalele unități litostratigrafice din preneojurasicul platformei moesice**, nr. 3, p. 134

*Paraschiv, D., Demetrescu, Cr., Soroiu, M.* **Date geocronologice referitoare la fundamentul metamorfic și la unele corpuri magmatice din Platforma moesică**, nr. 5, p. 239

*Paraschiv, D.* **Noi date și interpretări privind structura de adîncime a Platformei moesice**, nr. 12, p. 601

*Pavelescu, L. și Pavelescu Maria* **Contribuții la studiul petrografic al ofiolitelor din baza pînzei getice de pe Valea Jiului de vest**, nr. 3, p. 128

*Pavelescu, L. și Cosma, R.* **Contribuții la cunoașterea geologiei și potențialului metalogenetic al zonei Rușchița**, nr. 8, p. 379

*Pavelescu, L. și Pavelescu Maria* **Studiul rocilor ultrabazice serpentinizate din Munții Parîng (zona Stefanu-Urdele — Coasta lui Rusu)**, nr. 11, p. 525

*Pârcălăbescu, I. D.* **Proprietăți fizico-chimice ale unor dolomite triasice din zona centrală a Platformei moesice**, nr. 1, p. 30

*Pop, N., Pop Vera și Kovacs, P.* **Date mineralogice, petrografice și geochimice asupra tufurilor vulcanice zeolitizate din bazinele Simleu, Oaș și Izei**, nr. 4, p. 175

*Popa, M., Picu, S., Moldovan, I., Pop, V. și Cusnir, V* **Stabilirea tehnologiei de preparare a minereului parțial oxidat din zăcămîntul Tibleș**, nr. 4, p. 172

*Stănescu, V.* **Aspecte noi privind metanogeneza în Bazinul Transilvaniei**, nr. 6, p. 284

*Zorilescu, D.* **Arbori de decizie și algoritm de simulare pentru alegerea metodelor raționale de probare geologică**, nr. 4, p. 150

*Vladislav, I. și Creț, Fl.* **Considerații privind estimarea rezervelor de substanțe minerale utile folosind calculul aproximativ al integralelor duble**, nr. 11, p. 521

**Fizica zăcămintelor de petrol și gaze**

*Balteș, N., Negrea Elena, Andreescu Teodora, Bălăianu, D și Andrei Alexandra* **Cercetări complexe de laborator pentru cunoașterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice (I)**, nr. 1, p. 45

*Balteș, N., Negrea Elena și Bălăianu, D.* **Cercetări complexe de laborator pentru cunoașterea modului de formare a zăcămintelor de hidrocarburi din flancul nordic al Depresiunii getice (II)**, nr. 2, p. 87

*Cristescu, N.* **Asupra fluajului rocilor**, nr. 3, p. 105

*Crețu, I. și Dantov, C.* **Modelarea centrifugală a drenajului gravitațional al petrolului**, nr. 6, p. 279

*Gheorghițoiu, M.* **Blocarea datorită factorilor mineralogo-petrografici particulari ai formațiunilor productive**, nr. 4, p. 190

*Grigore, V.* **Metodă de calcul pentru determinarea gradientului de presiune în curgerea amestecurilor bifazice în coloana țevilor de extracție a sondelor eruptive**, nr. 10, p. 483

*Părăușanu, V., Crețu Steliana, Ponoran Ileana, Sîrbu Petruța, Călin Camelia și Ionescu, N.* **Studiul comparativ al unor substanțe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra țițeiurilor de tip Sarmatian (I)**, nr. 9, p. 424

*Părăușan, V., Ponoran Ileana, Crețu Steliana, Sîrbu Petruța Călin Camelia și Ionescu, N.* **Studiul comparativ a unor substanțe tensioactive cu efect dezemulsionant asupra țițeiurilor de tip Sarmatian (II)**, nr. 12, p. 575

*Pârcălăbescu, I. D.* **Asupra interacțiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu mediul solid al colectoarelor de hidrocarburi fluide**, nr. 4, p. 182

*Pârcălăbescu, I. D.* **Asupra interacțiunii bioxidului de carbon în fază lichidă cu fluidele din zăcămintele de țiței**, nr. 7, p. 327

*Pârcălăbescu, I. D.* **Asupra compoziției chimico-mineralogice și a condițiilor de formare a rocilor zăcămîntului de sare de la Ocnele Mari**, nr. 8, p. 370

*Petre, M.* **Modelarea de fază a sistemului de hidrocarburi și stabilirea tipului de zăcămînt de la Tazlăul Mare**, nr. 12, p. 599

*Popa, Gh. C.* **O nouă metodă de proiectare a exploatării zăcămintelor de țiței în regim mixt**, nr. 10, p. 477

**Forajul sondelor**

*Badea, D., Popa, Gh. C., Popescu, C. și Grigore, V.* **Analiza unor metode de calcul a ascensiunii fluidelor prin coloana țevilor de extracție în vederea optimizării sondelor de pe structura D.**, nr. 7, p. 342

*Grigore, V. ș.a.* **Estimarea perioadei eruptive a sondelor productive de țiței**, nr. 7, p. 337

*Iordache, G.* **Elemente pentru calculul și tehnologia cimentării coloanelor cu diametre mari**, nr. 3, p. 119

*Iordache, G.* **Manevra materialului tubular la sondele cu diametre mari**, nr. 11, p. 530

*Pavel, A.* **Rezistența elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (I)**, nr. 5, p. 223

*Pavel, A.* **Rezistența elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (II)**, nr. 8, p. 389

*Pavel, A.* **Rezistența elastomecanostatică a coloanelor de tubare cu diametre mari (III)**, nr. 12, p. 581

*Petre, M.* **Interpretarea rezultatelor obținute în urma cercetărilor chimice, termodinamice și hidrodinamice în regim staționar și nestaționar cu curgere efectuate la Tazlăul Mare**, nr. 11, p. 545

*Popa, Gh. C., Pârcălăbescu, I. D., Popa, Gh. și Alexandrescu, M.* **Combaterea viiturilor de nisip folosind metoda I.P.G. în cadrul Schelei Videle**, nr. 11, p. 537

*Popescu, F., Ana, I. şi Orosz, M.* **Noi aditivi de fluide de foraj pentru săparea sondelor de ţiţei şi gaze. Tendinţe şi realizări** nr. 3, p. 126

*Popovici, A. şi Berindei Valeria* **Cursa reală la pompele de extracţie**, nr. 7, p. 334

*Posea, N., Anghel, Al., Grigore, N. şi Cioată, M.* **Calculul de rezistenţă al cîrligelor instalaţiilor de foraj**, nr. 8, p. 389

*Sitaru, Gh., Popa, Gh. C., Grigore, V. şi Popescu, C.* **Studiul comparativ al unor teorii de ascensiune a amestecurilor multifazice în coloane cu ţevi verticale cu exemplificări pentru condiţiile sondelor care produc în erupţie naturală**, nr. 5, p. 232

*Ulmanu, V. şi Raşeev, D.* **Sarcina axială capabilă a îmbinărilor cu umăr pentru garnitura de foraj**, nr. 9, p. 428

**Exploatarea zăcămintelor de substanţe minerale utile**

*Fodor, D.* **Noi posibilităţi de valorificare integrală a marmurelor**, nr. 2, p. 57

*Horoşanu, Gh.* **Tehnologii de traversare a orizonturilor aevifere**, nr. 9, p. 412

*Makkai, I., Reisz, P. şi Almăşan, I.* **Soluţie modernă de deschidere a noului cîmp minier de la Salina Praid**, nr. 1, p. 9

*Mărunţeanu, C.* **Criteriu structural pentru analiza stabilităţii taluzurilor în cariera Roşia Poieni**, nr. 9, p. 414

*Nicoară, I. şi Stral, V.* **Asupra interdependenţei factorilor tehnici şi economici de regimul de lucru al sondezelor din cariere**, nr. 7, p. 305

*Văcaru, I., Opriş, V., Anescu, D., Pitzko, S. şi Sencu, V.* **Realizări şi perspective în exploatarea şisturilor bituminoase**, nr. 9, p. 407

**Probleme de transport**

*Csog, Al., Rocz, A., Bencze, St. şi Avram, Tr.* **Introducerea transportului cu schip pentru extragerea minereului la Intreprinderea minieră Bălan**, nr. 5, p. 205

**Aerajul minier**

*Constantinescu, I. şi Petrilean, I.* **Prezentări ale lucrului mecanic în aerodinamica minieră**, nr. 11, p. 516

*Koch, R.* **Optimizarea parametrilor principali de aeraj a lucrărilor miniere şi a conductelor miniere — factor important de reducere a consumului de energie în minerit**, nr. 2, p. 69

*Koch, R.* **Optimizarea parametrilor principali ai conductelor de aer comprimat — factor important de reducere a consumului de energie în minerit**, nr. 11, p. 508

**Prepararea substanţelor minerale utile**

*Constantinescu, I. şi Sîrbu, R.* **Studiul cinematic şi dinamic al procesului de măcinare autogenă pe baza teoriei pendulului matematic**, nr. 5, p. 209

*Costea, I., Cobîrzan Victoria, Dobra, Gh. şi Martin, O.* **Procedeu hidroelectrometalurgic de prelucrare a zgurelor antimoniosse**, nr. 3, p. 114

*Ember, F. şi Kalmar Irina* **Calculul dozării cianurii de sodiu şi a oxidului de calciu în procesul de cianurare**, nr. 1, p. 20

*Enache Maria şi Enache, C.* **Stabilirea amestecului optim pentru filtre din pietriş încleiat la asecarea zăcămintelor de lignit**, nr. 1, p. 24

*Kheil, O.* **Realizări în tehnologiile de valorificare a produselor cu conţinut redus în aur**, nr. 10, p. 460

*Kheil, O.* **Noi posibilităţi de îmbunătăţire a concentrării aurului liber din minereurile cu conţinut redus prin flotoamalgamare**, nr. 12, p. 559

*Ilie, P., Oros, V. şi Peterfi, M.* **Unele aspecte legate de transpunerea la scară mai mare a parametrilor procesului de leşiere bacteriană**, nr. 6, p. 274

*Ilie, P., Duda, Gr. şi Vizitiu, A.* **Incercări privind sinteza xantatului amilic din alcool amilic recuperat**, nr. 11, p. 512

*Iuşan, V. şi Homorodean, L.* **Separarea substanţelor minerale utile cu ajutorul spectrometrelor ferofluidice de densitate**, nr. 12, p. 562

*Magyari, A.* **Criterii de alegere şi de utilizare a căptuşelilor la morile cu bile şi autogene**, nr. 6, p. 267

*Mihăilescu Lidia, Păsculescu Georgeta şi Vasilescu Adriana* **Cercetări privind deshidratarea sterilelor de flotaţie în vederea utilizării lor ca materie primă în industria materialelor de construcţii**, nr. 2, p. 64

**Mecanizare şi automatizare**

*Balasko, W. şi Szabo, C.* **Aspecte privind implementarea automatelor programabile pentru conducerea proceselor tehnologice din instalaţiile de preparare şi brichetare a cărbunelui**, nr. 3, p. 109

*Coculescu, M.* **Cercetări privind regimul de presiune în abatajele minelor de lignit din Oltenia**, nr. 6, p. 249

*Coroescu, T. şi Todeasa Viorica* **Echipamente modulare în comutaţie statică pentru automatizarea instalaţiilor de extracţie**, nr. 6, p. 255

*Constantinescu, I., Darabont, Al., Georgescu, St. şi Ionescu, C.* **Realizarea de ciururi vibrante silenţioase şi rezistente la abraziune**, nr. 9, p. 419

*Gâf-Deac, I. şi Gâf-Deac Maria* **Aspecte ale procesului de tăiere cu combina în abatajele frontale complex mecanizate aflate în repliere**, nr. 8, p. 366

*Iliaş, N., Surulescu, D. şi Bogdan, Al.* **Determinarea stării de maximă solicitare la susţinerea mecanizată SMA-1 în condiţiile stratului 3 din Valea Jiului**, nr. 2, p. 62

*Lupu, N. şi Calcatinge, V.* **Cercetarea proceselor de ardere prin organizarea unui program statistic de experimentări**, nr. 11 p. 540

*Mitran, I.* **Asupra unor măsuri entropice utilizabile în industria minieră**, nr. 2, p. 80

*Păsculescu, M., Covaliov, C. şi Feier Gabriela* **Calculul reţelelor electrice miniere de joasă tensiune cu ajutorul nomogramelor**, nr. 1, p. 13

*Păsculescu, M., Pădure, Al., Covaliov, C. şi Feier Gabriela* **Nomograme pentru valorificarea reţelelor electrice miniere de sector în regim de pornire a motoarelor**, nr. 7, p. 315

*Popa, V. M.* **Combaterea coroziunii fisurante a unor oţeluri de prăjină în medii acide în prezenţa sau absenţa hidrogenului sulfurat**, nr. 10, p. 489

* * * **Realizări obţinute în introducerea automatizării în unităţile miniere**, nr. 7, p. 321

*Szabo, C. şi Gönczi Maria* **Din practica întocmirii bilanţurilor electrice în întreprinderile din cadrul Combinatului minier Valea Jiului**, nr. 4, p. 168

**Probleme de tehnica securităţii muncii în industria minieră**

*Leţu, N. şi Popescu, Gh.* **Posibilităţi de înlăturare a exploziilor necomandate provocate de smulgerea reoforilor la capsele detonante electrice**, nr. 10, p. 453

*Pavel, A.* **O clasificare privind coroziunea şi unele consideraţii tehnico-economice**, nr. 1, p. 38

*Pavel, A.* **Cîteva probleme de anticoroziune şi antieroziune**, nr. 2, p. 92

*Rancea, Gh., Omota Maria şi Botoroagă Maria* **Stabilitatea obiectivelor amplasate în zona de influenţă a lucrărilor de exploatare subterană**, nr. 4, p. 165

**Conducerea şi organizarea activităţii în industria extractivă**

*Popescu Rodica* **Disponibilitatea unei cariere**, nr. 1, p. 6

*Popescu Rodica* **Aplicarea disponibilităţii în calculul capacităţilor şi în definirea coeficientului de dificultate a unei cariere**, nr. 7, p. 302

*Zorilescu, D.* **Metode de raţionalizare a capacităţilor de producţie**, nr. 5, p. 214

**Informaţii şi ştiri din industria extractivă**

* * * **Al VII-lea Congres internaţional privind gazul natural lichefiat**, nr. 2, p. 100

*Florea, V.* **Teză de doctorat** *Csog, Al.* **Deplasarea rocilor sub influenţa exploatării subterane la unele zăcăminte metalifere din R. S. România**, nr. 7, p. 347

*Focşa, I. şi Pocomnicu, I.* **Realizări şi perspective ale gazeificării subterane a cărbunelui în Franţa**, nr. 7, p. 346

*Leţu, N.* **Teza de doctorat** *Georgescu, M.* **Contribuţii la optimizarea parametrilor tehnologici ai metodelor de exploatare cu surpare în subetaje aplicate zăcămintelor metalifere tip stock, cu referire la zăcămîntul cuprifer Deva**, nr. 3, p. 137

*Neagu, Fl.* **Teză de doctorat** *Zorilescu, D.* **Contribuţii privind estimaţiile caracteristicilor aleatoare ale imaginilor particulelor pe secţiuni subţiri şi modele de simulare cu aplicaţii în cercetările geologice**, nr. 2, p. 98

* * * **Noi plăci izolante din fibre ceramice**, nr. 11, p. 547

*Vrânceanu Elena* **Valorificarea superioară a substanţelor minerale utile**, nr. 1, p. 50

*Vrânceanu Elena* **Folosirea raţională şi protecţia calităţii apei în localităţi, industrie şi agricultură**, nr. 3, p. 138

*Vrânceanu Elena* **Tîrgul de la Leipzig**, nr. 4, p. 193

**Ştiri**

Nr. 3, p. 139 ; Nr. 4, p. 195 ; Nr. 5, p. 243

# MINISTERUL PETROLULUI

# CENTRUL DE CALCUL ŞI LUCRĂRI AUXILIARE

BUCUREST I, str. Biserica Amzei 23
sector I, telefon 59 70 60

REALIZEAZA PENTRU BENEFICIARII DIN RAMURA EXTRACTIVA O GAMA VARIATA DE LUCRARI, PRIN:

## activitatea de informatică

- Cercetare, proiectare şi implementare sisteme informatice;
- Elaborare pachete de programe pentru studii, optimizări, prognoze şi calcule inginereşti;
- Proiectare asistată de calculator a capacităţilor de producţie;
- Exploatare curentă de sisteme de prelucrare automată a datelor;
- Asistenţă tehnică.

## activitatea de industrie

- Prin secţia confecţii piese de schimb din cauciuc realizează garnituri de etanşare pentru: instalaţii de foraj, instalaţii de extracţie ţiţei şi gaz metan, agregate de cimentare, complexe mecanizate de abataj, precum şi alte repere din cauciuc şi pînză cauciucată.

## lucrări auxiliare

- Machete pentru obiective de investiţii, tehnologii de exploatare şi preparare;
- Lucrări de editare, tipărire şi legătorie.

# MINISTERUL MINELOR

## INSTITUTUL DE CERCETĂRI ȘI INGINERIE TEHNOLOGICĂ ȘI PROIECTARE A LUCRĂRILOR ȘI ECHIPAMENTELOR ȘI INSTALAȚII PENTRU INDUSTRIE

Deva

EXECUTA STUDII, PROIECTE, CERCETARI SI DOCUMENTATII TEHNICO-STIINTIFICE PENTRU EXPLOATAREA SI PREPARAREA ZACAMINTELOR DE MINEREURI NEFEROASE, FEROASE SI AURO-ARGENTIFERE :

● metode de exploatare ● perforare, împușcare, explozivi minieri ● săparea și susținerea lucrărilor miniere ● aeraj minier ● stabilirea gradului de prăfuire și combaterea prafului, microclimat (în subteran, uzine de preparare a minereurilor) ● medicină minieră ● mecanizarea lucrărilor miniere și de preparare ● automatizarea unor faze tehnologice în subteran și în uzinele de preparare ● prepararea substanțelor minerale utile în condiții de laborator, micropilot, pilot și semiindustrial ● acordă asistență tehnică privind îmbunătățirea fluxurilor tehnologice, modernizarea instalațiilor în subteran și în uzinele de preparare ● epurarea chimică a apelor de mină și reziduale de la uzinele de preparare ● documentații tehnico-economice de investiții pentru obiective miniere ● cercetări și proiectări privind cooperarea în domeniul minier, de preparare și asimilări de utilaje miniere ● analize chimice și fizice prin metode spectrale, polarografice, fotometrice ș.a., analize și studii mineralogice, analize de reactivi ● prototipuri ale unor utilaje din domeniul exploatării și preparării substanțelor minerale utile.

Str. 23 August nr. 37A, jud. Hunedoara, cod 2700